

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平9-506985

(43)公表日 平成9年(1997)7月8日

(51)Int.Cl. <sup>a</sup>	識別記号	片内整理番号	F I
G 0 2 B 5/30		9514-2H	G 0 2 B 5/30
G 0 2 F 1/1335	5 1 5	7809-2K	G 0 2 F 1/1335 5 1 5

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 72 頁)

(21)出願番号 特願平7-517609  
(86) (22)出願日 平成6年(1994)12月20日  
(85)翻訳文提出日 平成8年(1996)6月21日  
(86)国際出願番号 PCT/US94/14814  
(87)国際公開番号 WO95/17692  
(87)国際公開日 平成7年(1995)6月29日  
(31)優先権主張番号 08/172,593  
(32)優先日 1993年12月21日  
(33)優先権主張国 米国 (US)

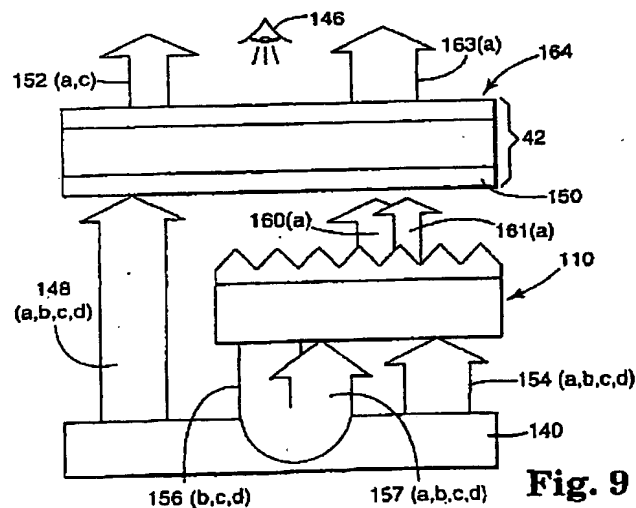
(71)出願人 ミネソタ・マイニング・アンド・マニファクチャリング・カンパニー  
アメリカ合衆国55133-3427ミネソタ州  
セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427、スリーエム・センター (番地の表示なし)  
(72)発明者 オーダーカーク、アンドリュウ・ジェイ  
アメリカ合衆国55133-3427ミネソタ州  
セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427 (番地の表示なし)  
(74)代理人 弁理士 青山 葆 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 明るさを強化した反射偏光子

(57)【要約】

多層反射偏光子 (12) が記載されている。この部材は、光学表示装置を形成するように光共振器 (24) と LCD モジュール (16) の間に配置される。反射偏光子はいくらかの光を光共振器に反射し、光共振器において、それはランダム化されて、最終的に正確な偏光で出て表示装置から外へ透過される。



(2)

## 【特許請求の範囲】

1. 第1及び第2偏光配向を有する反射偏光子と、構造面材料とを備え、又、反射偏光子は、第1偏光配向を有する光を透過すると共に第2偏光配向を有する光を反射し、且つ、第2偏光配向は第1偏光配向と異なり、更に、反射偏光子は、第1及び第2偏光配向の両方に垂直な軸を有し、又、軸に対して第1所定群の角度内で構造面材料に入る光は反射される一方、軸に対して第2所定群の角度内で構造面材料に入る光は屈折されて、第2所定群の角度内の光の大部分は、関連する入力くさびよりも狭い出力くさびを形成し、更に、第2所定群の角度内の角度は第1所定群の角度内の角度よりも大きいと共に、反射偏光子と構造面材料が一体構造物を形成する明るさ強化型反射偏光子。
2. 構造面材料が平滑面と構造面を有し、更に、複数の三角形プリズムを構造面の上に設けた請求項1に記載の明るさ強化型反射偏光子。
3. 三角形プリズムが70度から110度の範囲の夾角を有する請求項3に記載の明るさ強化型反射偏光子。
4. 三角形プリズムが大略90度に等しい夾角を有する請求項3に記載の明るさ強化型反射偏光子。
5. 反射偏光子本体が単一の一軸に配向及び延伸された重合体フィルムから成る請求項1に記載の明るさ強化型反射偏光子。
6. 反射偏光子本体が重合体材料の多層堆積から成る請求項1に記載の明るさ強化型反射偏光子。
7. 多層堆積が延伸された結晶性ナフタレンジカルボン酸の層を含む請求項6に記載の明るさ強化型反射偏光子。
8. 多層堆積が延伸されたポリエチレンナフタレート層を含む請求項6に記載の明るさ強化型反射偏光子。
9. 多層堆積がナフタレン基を含有する重合体の層を含む請求項6に記載の明るさ強化型反射偏光子。
10. 多層堆積がコポリエステル又はコポリカーボネートの層を含む請求項9に記載の明るさ強化型反射偏光子。

(3)

11. 多層堆積が、設計波長における光の波長の半分に等しい光学厚さを有する対の層を含む請求項6に記載の明るさ強化型反射偏光子。

12. 表示モジュールと、表示モジュールの近傍に配置した明るさ強化型反射偏光子と、明るさ強化型反射偏光子の近傍に配置した光共振器とを備え、更に、光共振器は、表示モジュールのための照明源を与えると共に、光共振器に入射する光に偏光配向のランダム化を付与し、且つ、光共振器に入射する光に方向のランダム化を付与する光学表示装置。

(4)

**【発明の詳細な説明】**

明るさを強化した反射偏光子

技術分野

本発明は改良された光学表示装置である。

背景

光学表示装置は、ラップトップコンピュータ、手持ち計算器、デジタル時計等に広く使用されている。よく見かける液晶（LC）表示装置はこのような光学表示装置のありふれた例である。従来のLC表示装置は、1対の吸収偏光子の間の液晶と電極マトリクスを示す。LC表示装置では、液晶の部分が電界の印加によって変更される光学状態を有する。このプロセスは、偏光内の情報の「画素」を表示するのに必要なコントラストを発生する。

この理由により、伝統的なLC表示装置は前方偏光子と後方偏光子を備える。典型的に、これらの偏光子は、一偏光配向の光をその直角偏光配向の光よりも強く吸収するダイクロイック染料を使用する。一般に、前方偏光子の透過軸は後方偏光子の透過軸と「交差」する。その交差角は0度から90度まで変動し得る。液晶、前方偏光子と後方偏光子は、一緒にLCD組立物を構成する。

LC表示装置は、照明源に基づいて分類することができる。「反射」表示装置は、表示装置に「前方」から入る周囲光によって照明される。典型的に、磨いたアルミニウム反射器がLCD組立物の「後」に置かれる。この反射面が、反射面に入射する光の偏光配向を維持しつつ、光をLCD組立物に戻す。

周囲光の強度が観察するのに不十分である用途において、磨いたアルミニウム反射面を「バックライト」組立物に代えることは普通である。典型的なバックライト組立物は、光共振器とランプ又は光を発生する他の構造物を備える。周囲光及びバックライトの両方の条件下で観察を意図した表示装置は、「トランスフレクティブ（transflective）」と呼ばれる。トランスフレクティブ表示装置の問題点は、典型的なバックライトは伝統的な磨いたアルミニウム面ほど効率的な反射器ではない点である。又、バックライトは、光の偏光をランダム化すると共に、更に、LC表示装置を照明するのに得られる光量を減少する。そ

(5)

の結果、LC表示装置にバックライトを追加して周囲光下で観察する時、その表示をより少なく明るくする。

従って、周囲およびバックライトの両方の照明下で適当な明るさとコントラストを発生し得る表示装置への必要性がある。

#### 摘要

本発明の光学装置は3個の基本的要素を備える。第1の要素は反射偏光子である。この反射偏光子は、夫々が第2と第3の要素から成る液晶表示装置(LCD)組立物と光共振器の間に配置される。

#### 図面の簡単な説明

図面は本発明の代表的で例証的な実施形態を描く。いくつかの図を通じて、同一の参照番号は同一の構造を指す。

図1は本発明に係る光学表示装置の概略断面図であり、

図2は本発明に係る例証的な光学表示装置の概略断面図であり、

図3は本発明に係る例証的な光学表示装置の概略断面図であり、

図4は本発明の反射偏光子の誇張した断面図であり、

図5は反射偏光子の性能のグラフであり、

図6は本発明に係る明るさを強化した光学表示装置の略図であり、

図7は明るさ強化装置の操作を示す線図であり、

図8は明るさ強化装置の操作を示すグラフであり、

図9は例証的な光学表示装置の概略断面図であり、

図10は例証的な光学表示装置の概略断面図であり、

図11は例証的な光学表示装置の概略断面図であり、

図12は試験結果のグラフであり、

図13は例証的な光学表示装置の概略断面図であり、

図14は明るさ強化型反射偏光子の概略断面図であり、

図15は単一界面を形成するフィルムの2層堆積を示し、

図16と図17は屈折率1.60の媒質における一軸複屈折系の角度曲線対する反射能を示し、

(6)

図18は屈折率1.0の媒質における一軸複屈折系の角度曲線対する反射能を示し、

図19、図20と図21は一軸複屈折系用の平面内屈折率と $z$ 屈折率の間の各種の関係を示し、

図22は2個の異なる一軸複屈折系用の波長に対する偏心反射能を示し、

図23は二軸複屈折フィルムにおいて $y$ 屈折率の相違を生じる効果を示し、

図24は二軸複屈折フィルムにおいて $z$ 屈折率の相違を生じる効果を示し、

図25は図18と図19からの情報を要約する輪郭プロットを示し、

図26乃至図31は鏡の例に挙げられた多層鏡の光学性能を示し、

図32乃至図35は偏光子の例に挙げられた多層偏光子の光学性能を示す。

#### 詳細な説明

図1は3個の主要部品を含む例証的な光学表示装置10の略図である。これらは、LCD組立物16として図示された偏光表示モジュール、反射偏光子12と光共振器24を含む。

この図に示されたLCD組立物16は、反射偏光子12と光共振器24によって与えられる偏光によって照明される。光線60によって表された表示装置10に入射する周囲光は、LCDモジュール16と反射偏光子12を横切って、光共振器24の拡散反射面37に当たる。光線62は、反射偏光子12に向けて拡散反射面37によって反射された光を描く。

光共振器24内から発する光は光線64によって描かれる。この光も反射偏光子に指向されて拡散反射面37を通過する。光線62と64は共に、偏光状態(a, b)を示す光を有する。

図2は、前方偏光子18、液晶20と後方偏光子23を含む3層LCD組立物15を有する概略光学表示装置を示す。この実施形態において、光共振器24はバックライトで照明される端部であり、バックライトは、反射ランプハウジング32内のランプ30を含む。ランプ30からの光は導光器34につながれ、そこでスポット36等の拡散反射構造物に当たるまで伝搬される。スポットのこの不連続アレイは、ランプ光を引出してLCDモジュール15の方へ指向させるよう

(7)

に構成されている。光共振器24に入る周囲光は、スポットに当たるか又はスポット間の隙間領域を介して導光器から離れる。拡散反射層39が、このような光線を遮断して反射する。一般に、光共振器24から発するすべての光線は光線束38によって描かれる。(a)と呼ぶ第1偏光配向を有する光を透過して、その垂直偏光配向(b)を有する光を効果的に反射する反射偏光子12に、この光線束が入射する。その結果、光線束42で描かれた少量の光が反射偏光子12を透過する一方、大量の残りの光が光線束40で示されるように反射される。好ましい反射偏光子材料は極めて効率的で、反射偏光子12内の吸収による全損失は1%程度と非常に低い。この失われたひかりは光線束44で描かれる。偏光状態(b)を有して反射偏光子12で反射された光は、光共振器24に再び入って、そこでスポット36等の拡散反射構造物又は拡散反射層39に当たる。拡散反射面は、光共振器24によって反射された光の偏光状態をランダム化するように働く。この再循環とランダム化のプロセスは路48で描かれる。光共振器24は完全な反射器ではなく、散乱と吸収による共振器内の光損失は光線束46によって描かれる。これらの損失も20%程度と低い。光共振器24と反射偏光子12の組合せによってもたらされる多重再循環は、光を状態(b)から状態(a)に変換して観察者へ最終伝送する効率的を構成する。

このプロセスの有効性は、ここに開示した反射偏光子によって示される低吸収、高い反射能と多くの拡散反射面によって示されるランダム化性に依存する。図2において、スポット36で示される非連続層と拡散反射連続層39は共に、チタン酸化物着色材料で形成してもよい。図1に示された拡散反射面37は透明な表面模様付ポリカーボネートで形成できる。図2に表された構成において入射光をランダム化するために、この材料を導光器34の上に配置し得る。特定の最適な構成は、完成された光学表示装置の特別の用途に依存するだろう。

一般に、系のゲインは反射偏光子本体12と光共振器24の両方の効率に依存する。性能は、入射光の偏光のランダム化の条件に合致した高反射光共振器24と、損失が非常に低い反射偏光子12とによって最大となる。

図3は、前方偏光子18と液晶20を含む2層LCD組立物17を有する概略

(8)

光学表示装置 1 4 を示す。この実施形態において、光共振器 2 4 は E L パネル 2 1 を含む。伝統的な E L パネル 2 1 は、電子が当たると光を発生すると共に入射光が当たると拡散反射的な燐光物質材料 1 9 で被覆されている。普通、燐光物質被覆に関連した効率の変動のために、E L 表示は「粒状」である。しかしながら、反射偏光子 1 2 によって戻された光は、光放射を均質化すると共に、光学表示装置 1 4 によって示される照明の全一様性を改善する傾向を有する。例証的な光学表示装置 1 4 において、L C D 組立物 1 7 は後方偏光子を欠く。この光学表示装置において、反射偏光子 1 2 は、図 2 の光学表示装置 1 1 に示された後方偏光子 2 3 に通常関連した機能を果たす。

図 4 は、反射偏光子 1 2 の一部の概略斜視図である。図は、反射偏光子 1 2 の説明で言及する X、Y と Z 方向を定義する座標系 1 3 を含む。

例証的な反射偏光子 1 2 は、2 個の異なる高分子材料の交互の層 (A B A B A . . . ) から成る。これらは、図面及び説明を通じて材料「(A)」と材料「(B)」と呼ばれる。2 個の材料は共に押出されて、結果としての多層 (A B A B A . . . ) 材料は、一軸 (X) に沿っては 5 : 1 に延伸されるが、他の軸 (Y) に沿っては 1 : 1 と大きくは延伸されない。X 軸は「延伸」方向と呼ばれる一方、Y 軸は「横」方向と呼ばれる。

材料「(B)」は、延伸プロセスによって大幅には変更はされない呼び屈折率 (例えば、 $n = 1.64$ ) を有する。

材料「(A)」は、延伸プロセスによって変更される屈折率を有する特性を持つ。例えば、材料「(A)」の一軸延伸シートは、延伸方向に関連したある屈折率 (例えば、 $n = 1.88$ ) と横方向に関連した異なる屈折率 (例えば、 $n = 1.64$ ) を有するだろう。定義として、平面内軸 (フィルム表面に平行な軸) に関連した屈折率とは、偏光平面がその軸に平行な入射平面偏光用の有効屈折率である。

従って、延伸後、材料の多層堆積 (A B A B A . . . ) は、延伸方向に関連する層間の大きな屈折率差 ( $\Delta n = 1.88 - 1.64 = 0.24$ ) を示す。又、横方向では、層間の関連した屈折率は実質的に同じ ( $\Delta n = 1.64 -$



(9)

1.  $64 = 0.0$  ) である。これらの光学的特性により、多層ラミネートが、軸 22 に対して正確に配向された入射光の偏光成分を透過する反射偏光子として機能せしめられる。この軸は、透過軸 24 として定義されると共に図 4 に示される。反射偏光子 12 から発する光は、第 1 偏光配向 (a) を有すると呼ばれる。

反射偏光子 12 を通過しない光は、第 1 配向 (a) と異なる偏光配向 (b) を有する。この偏光配向 (b) を示す光は、この光の反射に終わる屈折率差に出会うだろう。これは、図 4 に軸 25 として示されたいわゆる「吸光」軸を定義する。このように、反射偏光子 12 は、選択された偏光 (a) を有する光を通す。

### 例

) 好ましい層「A」は、ポリエチレンナフタレート (PEN) 等の結晶性ナフタレンジカルボン酸ポリエステルであり、好ましい層「B」は、ナフタレンジカルボン酸とテレフタル酸又はアイソタル酸のコポリエステル (c o PEN) である。PEN と 70 ナフタレート / 30 テレフタレート共重合体 (c o PEN) は、グリコールをジオールとして使用する標準ポリエステル樹脂反応がまで合成することができる。PEN と c o PEN を 51 個のスロットのフィードブロックに押出して、次に、押出しにおいて 2 層ダブルマルチプライヤを連続して使用することにより、満足な 204 層の偏光子が作られた。マルチプライヤは、フィードブロックを出る押出された材料を 2 個の半分幅流れに分割して、次に、半分幅流れを互いの上部に堆積する。このようなマルチプライヤは業界において公知である。押出しは、約  $295^{\circ}\text{C}$  で行われた。PEN は  $0.50\text{ dl/g}$  の極限粘度数を示し、c o PEN は  $0.60\text{ dl/g}$  の極限粘度数を示した。PEN 材料の押出し速度は  $22.5\text{ lb/hr}$  であり、c o PEN の押出し速度は  $16.5\text{ lb/hr}$  であった。注型されたウェブは、厚さが約  $0.0038$  インチであると共に、長手方向に 5 : 1 の比で一軸延伸され、その側面が延伸中に  $140^{\circ}\text{C}$  の空気温度で抑制された。外部スキン層を除いて、全ての層の対は  $550\text{ nm}$  の設計波長に対して  $1/2$  波長光学厚さであるように設計された。

上述のように作られた 2 個の 204 層の偏光子は、次に接着剤を使用して手動積層された。接着剤の屈折率は等方性 c o PEN 層の屈折率と合致することが好

ましい。

反射偏光子 1 2 の光学性能は各種の層の光学厚さに部分的に依存する。厚膜構造と薄膜構造は共に有用である。もし層が多く、光波長の長さである光路を示すなら、反射偏光子 1 2 の光学的性質は固有的に拡大される。もし層が光波長よりも小さい光学厚さを有するなら、選択された波長の反射偏光子 1 2 の光学性能を改良するために構造的干渉を利用することができる。

例に記載された製造手順は、可視スペクトルに渡り光波長より小さい光学厚さを有する一様な層を生産することができる。もし対の層 (A、B) の光学厚さが入射光の半波長に加わる ( $A + B = \lambda / 2$ ) なら、構造的干渉が発生する。この半波長状態は、設計波長における狭帯域構造的干渉に終わる。拡大された光学性能は、多重狭帯域堆積を積層するか、又は別に連結することによって得ることができる。例えば、同じ厚さ ( $A + B = \lambda / 2$ ) を有する層の第 1 群 3 7 を、異なる厚さ ( $A + B = \lambda / 2$ ) を有する第 2 群 3 5 に積層することができる。効率的な拡大された応答を得るには典型的に数百個の層 (A B A B ...) が堆積されるけれども、明確さのために、ほんの少数の層が図 4 に示されている。好ましくは、反射偏光子 1 2 は、問題となる全ての角度及び波長で光を反射するように設計されるべきである。

反射偏光子 1 2 は、2 個だけの材料の交互の層を含む典型的な多層構造で説明されてきたけれども、反射偏光子 1 2 は多数の形状を取り得ることを理解すべきである。例えば、追加の型式の層を多層構造に含めてもよい。又、限定的な場合には、反射偏光子は、その内の 1 個が延伸される 1 対の層 (A B) を含んでもよい。更に、ダイクロイック偏光子を反射偏光子 1 2 に直接接着できる。

光共振器 2 4 の別の重要な性質は、共振器に関連した偏光ランダム化プロセスが入射光の方向を変更もするという事実である。一般に、かなりの量の光が光共振器偏心から出る。その結果、反射偏光子の中のこのような光の路は、近似垂直光の路長よりも長い。系の光学性能を最適化するために、この効果を利用しなければならない。図 5 は、広い波長範囲に渡り 80 % を越える透過率を示すトレース 3 1 を図示する。トレース 3 3 は、可視スペクトルの大部分に渡る効率的な広

(11)

帯域反射能を示す。最適反射能トレースは、赤外に入って、約400nmから約800nmまで延在する。

別の実施形態において、表示装置の見かけの明るさは明るさ強化フィルムを使用することによって増加できる。図6は3個の主要部品を有する光学表示装置164を図示する。これらは、光学表示モジュール142、明るさ強化型反射偏光子110と光共振器140である。典型的に、完全な光学表示装置164は、観察者146が見るように平面視において平坦で矩形であり、3個の主要部品を互いに近接させた時、断面において比較的に薄い。

使用において、表示モジュール142は、明るさ強化型反射偏光子110と光共振器140によって処理された光によって照明される。これらの2個の部品は、一緒に、角度で概略的に図示した観察ゾーン136に偏光を指向する。この光は、表示モジュール142を介して観察者146に指向される。表示モジュール142は、典型的に表示情報を画素として表示する。画素に対する偏光透過は、液晶材料の複屈折の電気制御によって変調される。これは、光の偏光状態を変調して、表示モジュール142の一部を形成する第2偏光子層によるその相対吸収に影響する。

図には2個の照明源が示されている。その第1は光線162で表された周囲光である。この光は、表示モジュール142と明るさ強化型反射偏光子110を通過して、光共振器140に入射する。光共振器はこの光を光線165で示すように反射する。第2の光源は、光線163で描かれるように、光共振器自身の内部で発生されるかも知れない。もし光共振器140がバックライトであるなら、主照明源は光共振器140内部に発生すると共に、光学表示装置は「バックライトを受けている」と呼ばれる。もし主照明源が光線162と光線165で表される周囲光なら、光学表示装置は「反射的」又は「受動的」と呼ばれる。もし表示装置が、周囲光と共振器発生光の両方の下で観察されるなら、表示装置は「トランスフレクティブ」と呼ばれる。本発明はこれらの表示装置型式の各々において有用である。

光の源に拘わらず、明るさ強化型反射偏光子110と光共振器140は協働し

(12)

て、最大量の光が適当に偏光されて観察ゾーン136に閉込められるように光を「再循環する」。

一般に、明るさ強化型反射偏光子110は2個の部材を含む。その第1は、特定の偏光の光を観察ゾーン136に透過する反射偏光子本体116である。第2の部材は、観察ゾーン136の境界を定める光学構造層113である。

光共振器140はいくつかの機能を果たすが、明るさ強化型反射偏光子110とのその相互作用に関する重要なパラメータは、入射光に対する高反射率値と、入射光の方向と偏光の両方を変更する光共振器40の能力である。従来の光共振器はこれらの要件を満たす。

どの光学系に対しても、反射能、損失と透過率の合計は100に等しくならねばならない。吸収度はこの損失の主な原因であろう。本発明において、明るさ強化型反射偏光子110は、ある光に対して非常に低い吸光度と高い反射能を有する。結果として、観察ゾーン136に直接流入されない光は、効率的に光共振器140に移送され、そこで変更されたり、観察ゾーン136における光に貢献する適当な特質を有して共振器から発したりする。

光学表示装置164の関係で、系の全ゲインは、光共振器140の反射能と明るさ強化型反射偏光子140の反射能の積に依存する。本発明は、明るさ強化型反射偏光子110からの入射光の方向と偏光状態を変更する能力と調和した高反射能の裏面を有する低吸収光共振器と使用する時、最も効果的である。これらの目的のために、光共振器に、アクリル等の透明誘電体を充填してもよいことを注目すべきである。

好ましい構造面112は幾何学的光学素子として機能するけれども、回折的またはホログラフ的な光学部材を、幾何学的光学素子の示す光指向性を効果的に模倣するように設計してもよいことがよく知られている。従って、構造面112という用語は、光を比較的狭い観察ゾーン136に閉込める幾何学的及び回折的の両方の光学系を記述するものと理解すべきである。

図7は、本発明において明るさ強化装置として働く構造面材料の拡大図である。前述したように、構造面材料218は、平滑側220と構造側222を有する。

。

(13)

好ましい実施形態において、構造側222は複数の三角形のプリズムを含む。好ましい実施形態において、このようなプリズムは直角2等辺プリズムであるが、70度から110度の範囲のピーク角を有するプリズムが、本発明において変動する有効性の程度で働く。構造面材料218は、屈折率が空気のそれよりは大きいどんな透明材料でもよいが、一般に、より高い屈折率を有する材料がより良好な結果を生む。1.586の屈折率を有するポリカーボネートが非常に効率的に働くことが判明した。本発明の説明の目的のために、構造面222上のプリズムは90度の夾角を有すると仮定され、構造面材料218はポリカーボネートであると仮定される。代りに、他の構造面材料を使用してもよい。対称的立方体コーナースheetが優秀な結果を生むことが示された。

図8は構造面材料218の動作を図示する。図8は2本の軸226と228を有するグラフである。これらの軸は、光線が平滑面220への法線に対してなす角度を表す。特に、軸226は、光線が平滑面220への法線に対してなす角度を表す。特に、軸226は、光線が平滑面220への法線に対してなす角度を表す。特に、軸226は、光線が平滑面220への法線に対してなす角度を表す。同様に、軸228は、光線が平滑面220への法線に対してなす角度を表す。このようにして、平滑面220に垂直に当たる光線は、図8のグラフにおいて0度と記した原点で表される。明らかに、図8は領域230、232と234に分割される。領域230内に入る角度で当たる光は、構造面材料218に入るが、全て構造面222で内部反射されて、平滑面220を2回目に通過して光共振器に再突入する。領域232又は234に入る角度で平滑面220に当たる光線は、透過されるが法線に対して異なる角度で屈折される。ポリカーボネートの性能を表す図8から理解されるように、法線に対して9.4度より小さい角度で平滑面220に当たるどんな光線も反射される。

図7に戻ると、4本の典型的な光線が図示されている。第1の光線236は、視射角、即ち、法線に対して90度に接近する角度で平滑面220に接近する。もし光線236が、構造面材料218に当たる時に面220への法線に対して89.9度の角度をなすなら、それは、構造面材料218を通過する間、法線に対

(14)

して39.1度の角度をなすように屈折される。構造面222に到達すると、それは再び屈折される。構造面222上の構造のために、それは、構造面220への法線に対してより小さい角度をなすように屈折される。例において、それは35.6度の角度をなす。

光線238は、保護角に極めて近い角度で平滑面220に接近する。それも、平滑面220を通過する時に屈折されるが、その程度はより低い。もし光線238が、平滑面220への法線に対して10度の角度で平滑面220に接近するなら、それは、平滑面220への法線に対して37.7度の角度で、しかし、法線の反対側で構造面222から発する。

光線240は、保護角よりも小さい角度で接近するが、全て構造面222によって2度内部反射されて、光共振器の内部に戻される。

最後に、光線242は、光線238に類似した角度で、しかし、構造面222上のプリズムの他方側でなくて一方側で全て内部反射される位置で平滑面220に接近する。その結果、それは平滑面220への法線に対して大きな角度で発する。このような反射は、当たる側に対して大入射角を形成する方向に移動する光線に起こるだけだから、プリズムはこのような光線に対して非常に小さい断面を提供する。更に、これらの光線の多くは、次のプリズムに再突入して表示装置210に戻される。

第5の種類の光線は図7に図示されていない。これは、平滑面220によって反射されると共に構造面材料218に入らない組の光線である。このような光線は、光共振器へ反射で戻される他の光線に単に加わるだけである。この説明から理解されるように、構造面材料218が無ければ、平滑面220への法線に設定された表示装置の軸に対して大きな角度で表示装置から発するような光は、その軸により近い方向に再指向される。少量の光が軸に対して大きな角度で指向される。このように、所定角度よりも大きい入射角で平滑面220から構造面材料218に入る光は、入力くさびよりも狭い出力くさびに指向される一方、所定角度よりも小さい入射角で平滑面220から構造面材料18に入る光歯、光共振器へ反射で戻される。

(15)

光共振器に反射で戻される光は拡散反射器に当たる。反射された光は構造面材料218へ戻って、一般に最初とは異なる角度をなす。それから、光のより多くがより小さいくさびに再指向されるようにプロセスが繰返される。本発明の鍵となる局面は、構造面材料218が、第1所定群の角度でそれに当たる光を反射すると共に、第2所定群の角度でそれに当たる光を通過及び屈折させることができるなければならないことである。ここで、第2群の角度は第1群の角度よりも大きく、且つ、第2群の角度の光は、入力くさびよりも狭い出力くさびに屈折される。本説明において、第1群及び第2群の角度は、表示面、即ち、液晶に垂直な表示装置の軸に対するものである。

図9は、明るさ強化型反射偏光子110の無い性能の比較ができるように、明るさ強化型反射偏光子110の無い概略の光学表示装置164の一部を図示する。一般に、光線束148で描かれた光共振器140の単位面積から発する光は、ランダムに偏光されて存在する光学状態(a)、(b)、(c)と(d)を有する。この光の約半分である状態(b)と(d)の光が、表示モジュール142の一部を形成するダイクロイック吸収偏光子150によって吸収される。残りの状態(a)と(c)の光はダイクロイック吸収偏光子150を通過する。従って、光線束152で描かれた表示モジュール142から発する光は、状態(a)と(c)の光を含む。状態(a)の光は観察者146に指向されているけれども、状態(c)の光はそうではない。残りの状態(b)と(d)の光はダイクロイック吸収偏光子150によって吸収される。それ故、光共振器140によって供給される光の約1/4だけが、観察者146に見られる表示の明るさに実際上貢献することになる。

明るさ強化装置は、光共振器140によって得られる光をより効率的に利用するために働く。もし光線束154で描かれた同じ単位量の光が明るさ強化型反射偏光子110に指向されるなら、約1/4の光(状態(a)の光)が、最初の通過で明るさ強化型反射偏光子110を通過する。この光は、ダイクロイック吸収偏光子150の透過軸に合致する正確な偏光を有すると共に、光線束161で描かれる。しかしながら、残りの状態(b)、(c)と(d)を有する光は明るさ

(16)

強化型反射偏光子110によって光共振器へ反射して戻される。この光のある部分は、方向と偏光に関して、光共振器140によって状態(a)にランダム化される。このようにして、この光は、光線束157で描かれるように、状態(a)、(b)、(c)と(d)を持って光共振器から発する。状態(a)の再循環された光は、次に、光線束160で描かれるように最初に透過した光に追加される。このようにして、光線束160と光線束161で描かれる光の総量は「再循環」によって増加する。ダイクロイック吸収偏光子150の透過軸に合致する正確な偏光(状態(a))の光だけが明るさ強化型反射偏光子110を通過するので、光線束63で描かれた表示装置から発射される光のより多くは観察者146に指向される。更に、状態(b)と(d)の光は明るさ強化型反射偏光子110によって反射されるので、非常に僅かもダイクロイック吸収偏光子150によって吸収されない。その結果の表示では、表示装置から発する光線束163で描かれる光の量が光線束152で示された光の量よりも70%明るい。

図10は光学表示装置170を図示する。光学表示モジュール142は、前方偏光子149と後方偏光子150の間に配置された液晶マトリクス147を含む。この実施形態において、光学構造層113は反射偏光子本体116から空隙171によって分離される。空隙171は望ましくない状態(a)の光線の反射を起こす。表示装置において、光共振器140は、ランプ反射器173内にランプ170を含むバックライトである。ランプ172からの光は、導光器174に入って、スポット176等の拡散反射面に当たるまで移動する。このようなスポットの非連続アレイは導光器174から光を効果的に抽出する必要があるけれども、断続面は光を十分に再循環するには充分ではないかも知れない。従って、再循環プロセスにおいて補助するために非連続面の下に連続拡散反射面175を配置することが好ましい。

図11は、光学構造層113と構造面112が近接しているが、反射偏光子本体116に直接当接されない別個の部材である光学表示装置を図示する。これらの2個の部品は、一緒に空隙181と共に明るさ強化型反射偏光子110を形成する。使用中、光共振器140は、表示装置のための光を供給すると共に、明る



(17)

さ強化型反射偏光子 1 1 0 から戻された光の偏光及び方向を再配向するように働く。光共振器 1 4 0 は、拡散反射面 1 3 7 として働く燐光物質被覆を有する E L パネル 1 3 9 を含む。本実施形態の明るさ強化型反射偏光子 1 1 0 と図 1 0 のそれとの一つの違いは、臨界角 1 3 4 よりも大きい角度で構造面 1 1 2 に接近する光が、その偏光状態に拘わり無く全内部反射によって光共振器に戻される点である。別の違いは、光学構造層 1 1 3 によって透過された光が垂直近似角度で反射偏光子 1 1 6 を通過することである。更に別の違いは、表示モジュール 1 4 3 における前方偏光子 1 4 9 の存在と後方偏光子の欠如に関する。バックライトが主要光源である実施形態において、明るさ強化型反射偏光子に隣接並置した吸収偏光子を使用せずに、適当なコントラストを得ることができる。

図 1 2 は、標準 E L バックライトと取った明るさ強化型反射偏光子材料のサンプルの試験結果を図示する。入射光の方向と偏光配向のランダム化に関して、E L バックライトは、光共振器用に前記した要件を満たした。比較の基礎を与えるために、曲線 1 6 2 は、明るさ強化型反射偏光子本体が無くダイクロイック偏光子だけを有する表示装置に対する光透過を示す。曲線 1 6 4 は、反射偏光子本体と図 1 2 に関して図示及び上記したような近接層としての構造面を有する構成において明るさ強化型反射偏光子本体を含む表示装置の Y-Z 平面での光の角度分布に対する光強度を表す。曲線 1 6 4 は、ダイクロイック偏光子だけに比べて約 6 0 % の同軸明るさ増加が得られることを示す。又、6 0 度の偏心において、約 5 0 % の明るさ減少が観察される。

標準バックライトを使用する更に別の例において、反射偏光子本体と図 1 1 に関して図示及び上記したような近接層としての構造面を有する明るさ強化型反射偏光子で、ダイクロイック偏光子だけに対して 1 0 0 % の明るさ増加が観察面に対する表示装置法線に沿って測定された。反射偏光子だけが 3 0 % の明るさ増加を生じる一方、構造面だけは 7 0 % の明るさ増加を生じたので、結果的に、同軸観察に対して 1 0 0 % の全明るさ増加となった。

これら 2 個の例の間の明るさ増加の違いは、使用されている光共振器の違いに大きく基づく。図 1 2 の曲線が E L バックライトで取られたのに対し、後者の例

(18)

は標準バックライトで取られた。各型式の光共振器の反射率と損失が、得られる全明るさ増加に影響する。

明るさ強化型反射偏光子本体を出る光線の2次元制御を、図13に図示された交互の好ましい構成192を使用して行うことができる。そこで、夫々が構造面112と184を有する2個の光学構造層113と182が、互いに近接していると共に、反射偏光子本体116に近接する。これらの3個の部材は明るさ強化型反射偏光子本体100を構成する。図13においては、2個の光学構造層が反射偏光子本体116の下に図示されているけれども、反射偏光子本体116を、本発明の範囲から逸脱すること無しに、光学構造層112と182の間又は下に配置できることを理解すべきである。2次元制御は、構造面112と184の配向の軸を交差することによって行われる。軸は、表示用途及び関連する偏光要件に応じて、90度又は90度よりも大きい他の角度に配向し得る。

作用において、第1光学構造層は、YZ平面において約70度、又、XZ平面において110度の観察ゾーンに帰着する。第1光学構造層182を出る光は、次に、第2光学構造層113用の源となり、その構造面112は、光学構造層182の構造面184とは異なる配向軸を有する。もし2個の光学構造層113と184の軸が、例えば、90度に配向されているなら、光学構造層182は、XZ平面の110度内の光に作用すると共に、XZ平面内の視角を70度よりも小さい狭い範囲に圧縮して、明るさを更に増す。

図14は、分離して示した明るさ強化型反射偏光子110の概略斜視図である。この図は、本発明の構造の説明を容易にするために尺度通りに描かれていない。図14は、とりわけ、本発明の説明において言及されるX、YとZ方向を定める座標系118を含む。

図14に示すように、明るさ強化型反射偏光子110は、構造面112を有する光学構造層113を含む。図14において、この光学構造層113は、反射偏光子本体116に注型された重合体層上に形成され、好ましい一体構造物になる。図14に示されているような一体構造物は、加熱積層等で2枚のフィルムを止着したり、又は、米国特許第5、175、030号に記載されているようなプロセ

スにおいて反射偏光子が基板として働くように、構造面材料を反射偏光子上に注型及び硬化する各種の公知の手法で形成できる。この目的のために、反射偏光子と明るさ強化装置が一体であるとの記述は、それらが互いに接着されていることを意味すると理解すべきである。

図14に示された好ましい例示的な構造面112は、典型的にはプリズム114であるプリズムのアレイである。各プリズムは、X方向に延在する頂部の稜を有する。YZ平面において、各プリズム114は、プリズムの頂角120が90度である2等辺三角形の断面を有する。プリズムのアレイが好ましいけれども、用途の特定の要件に合致するために、特定のプリズム形状と頂角120を変更してもよい。図14に示したようなプリズムのアレイは、光学表示装置を出る光を図6に示すような比較的に狭い観察ゾーン136に閉込めることが望ましい場合に特に有用である。しかしながら、他の視角が望ましい場合は、光学構造面113は他の形状を取り得る。好ましい構造面112は幾何学的光学素子として機能するけれども、回折的またはホログラム的光学部材を、幾何学的光学素子が示す光指向性を効果的に模倣するように設計してもよいことがよく知られている。従って、構造面112という用語は、光を比較的に狭い観察ゾーン136（図6）に閉込める幾何学的光学系及び回折的光学系の両方を記述するものと理解すべきである。一般的に、プリズムのアレイの固有偏光性のため、プリズムの軸が反射偏光子の延在する方向に平行に走る時に最適性能が得られる。

#### 多層堆積の光学挙動

図4に示されるような多層堆積の光学挙動を、ここにより一般的な用語で説明する。多層堆積は数百又は数千の層を含んでよく、各層を多数の異なる材料のどれで作ってもよい。特定の堆積用の材料の選択を決定する特性は、堆積の望ましい光学性能に依存する。

堆積は、堆積内の層の数だけ多くの材料を含有してもよい。製造を容易にするために、好ましい光学薄膜堆積は数個の異なる材料しか含有しない。例示の目的のため、本説明は、2個の材料を含む多層堆積を記述する。

材料又は異なる物性を有する化学的に同等な材料の間の境界は急であったり、

(20)

徐々であり得る。分析的な解を有するいくつかの単純な場合を除いて、連続的に変動する屈折率を有する後者の型式の成層媒質の分析は、通常、急な境界を有するが、近傍層間の性質の変化が小さいはるかにより多数のより薄い様な層として取扱われる。

いかなる方位角方向からのいかなる入射角における反射率挙動は、フィルム堆積の各フィルム層における屈折率によって決定される。フィルム堆積内の全ての層が同じプロセス条件を受けると仮定すれば、全堆積の挙動を角度の関数として理解するのに、2成分堆積の単一の界面を見るだけでよい。

従って、説明を簡単にするために、単一の界面の光学挙動を説明する。しかしながら、ここで説明された原理に基づく実際の多層堆積は数百又は数千の層で作ることができることを理解すべきである。図15に示したものの様な単一界面の光学挙動を説明するために、 $z$ 軸と1個の平面内光軸を含む入射面に対する $s$ 及び $p$ 偏光の入射角の関数としての反射能がプロットされる。

図15は、屈折率 $n_o$ の等方性媒質に両方が浸された、単一界面を形成する2材料フィルム層を示す。例示を簡単にするために、本説明は、2材料の光軸が心合せされ、又、一つの光軸( $z$ )がフィルム平面に垂直であり、他の光軸が $x$ 及び $y$ 軸に沿っている直交多層複屈折系に向けられる。しかしながら、光軸は直交である必要はなく、非直交系も十分に本発明の精神と範囲内であることを理解すべきである。更に、本発明の意図する範囲内に収まるために、光軸もフィルム軸と心合せされる必要はないことを理解すべきである。

いかなる厚さのフィルムのいかなる堆積の光学素子を計算するための基礎的なビルディングブロックは、よく知られたフレネル反射と個々のフィルム界面の透過係数である。フレネル係数は、いかなる入射角における所定の界面の反射能の大きさを $s$ 及び $p$ 偏光に対する別個の式で予測する。

誘導体界面の反射能は、入射角の関数として変動すると共に、等方性材料に対しては、 $p$ 及び $s$ 偏光で大きく異なる。 $p$ 偏光に対する反射能最小は、いわゆるブリュスター効果に基づき、反射率がゼロになる角度はブリュスター角と呼ばれる。

いかなる入射角におけるいかなるフィルム堆積の反射率挙動は、全ての関連するフィルムの誘電体テンソルによって決定される。この話題の一般的な理論的取扱いは、1987年にノース・ホランドによって発行された「楕円偏光と偏光」のアール・エム・エー・アザーム (R. M. A. Azzam) とエヌ・エム・バシャラ (N. M. Bashra) による本文に与えられている。その結果は、世界中によく知られたマックスウェルの式から直接由来する。

系の単一界面の反射能は、夫々が式1と2によって与えられるpとs偏光の反射係数の絶対値を二乗することによって計算される。式1と2は、2成分の軸が心合せされた一軸直交系に対して有効である。

$$1) \Gamma_{pp} = \{n_{2z} \times n_{2o} \sqrt{(n_{1z}^2 - n_o^2 \sin^2 \Theta)} - n_{1z} \times n_{1o} \sqrt{(n_{2z}^2 - n_o^2 \sin^2 \Theta)}\} / \{n_{2z} \times n_{2o} \sqrt{(n_{1z}^2 - n_o^2 \sin^2 \Theta)} + n_{1z} \times n_{1o} \sqrt{(n_{2z}^2 - n_o^2 \sin^2 \Theta)}\}$$

$$2) \Gamma_{ss} = \{\sqrt{(n_{1o}^2 - n_o^2 \sin^2 \Theta)} - \sqrt{(n_{2o}^2 - n_o^2 \sin^2 \Theta)}\} / \{\sqrt{(n_{1o}^2 - n_o^2 \sin^2 \Theta)} + \sqrt{(n_{2o}^2 - n_o^2 \sin^2 \Theta)}\}$$

ここで、 $\Theta$ は等方性媒質内で測定されている。

一軸複屈折系では、 $n_{1x} = n_{1y} = n_{1o}$ 、且つ、 $n_{2x} = n_{2y} = n_{2o}$ である。二軸複屈折系では、式1と2は、図15に定義されているように、偏光平面がx-z又はy-z平面に平行な光だけに有効である。従って、二軸系では、x-z平面に入射する光に対して、p偏光用の式1で、 $n_{1o} = n_{1x}$ 、且つ、 $n_{2o} = n_{2x}$ であり、又、s偏光用の式2で、 $n_{1o} = n_{1y}$ 、且つ、 $n_{2o} = n_{2y}$ である。y-z平面に入射する光に対して、p偏光用の式1において、 $n_{1o} = n_{1y}$ 、且つ、 $n_{2o} = n_{2y}$ であり、又、s偏光用の式2において、 $n_{1o} = n_{1x}$ 、且つ、 $n_{2o} = n_{2x}$ である。

式1と2は、反射能が堆積内の各材料のx、yとz方向の屈折率に依存することを示す。等方性材料において、全ての3個の屈折率は等しく、従って、 $n_x = n_y = n_z$ となる。 $n_x$ 、 $n_y$ と $n_z$ の間の関係は材料の光学特性を決定する。3個の屈折率の間の異なる関係は、材料の3個の一般的な種類、即ち、等方性、

一軸複屈折及び二軸複屈折につながる。

(22)

一軸複屈折材料は、一方向の屈折率が他の2方向の屈折率と異なるものと定義される。本説明の目的のために、一軸複屈折系を記載するための規定は、 $n_x = n_y \neq n_z$  という条件のためである。x及びy軸は平面内軸と定義され、夫々の屈折率 $n_x$ と $n_y$ は平面内屈折率とよばれる。

一軸複屈折系を作る一方法は、重合体多層堆積を二軸で延伸、例えば、2次元に沿って延伸することである。多層堆積の二軸延伸は、両軸に平行な平面に対する隣接する層の屈折率の間の違いに帰着し、従って、両偏光平面内の光の反射に帰着する。

一軸複屈折材料は、正又は負の一軸複屈折を有する。正の一軸複屈折は、z屈折率が平面内屈折率より大きい、即ち、 $n_z > n_x$ 、且つ、 $n_z > n_y$ の時生じる。負の一軸複屈折は、z屈折率が平面内屈折率よりも小さい、即ち、 $n_z < n_x$ 、且つ、 $n_z < n_y$ の時生じる。

二軸複屈折材料は、全ての3個の軸における屈折率が異なる、例えば、 $n_x \neq n_y \neq n_z$ であるものと定義される。再び、 $n_x$ と $n_y$ 屈折率は平面内屈折率と呼ばれる。二軸複屈折系は、多層堆積を一方向に延伸することによって作ることができる。換言すれば、堆積が一軸に延伸される。本説明の目的のために、x方向は二軸複屈折堆積の延伸方向と呼ばれる。

#### 一軸複屈折系 (鏡)

一軸複屈折系の光学的性質を説明する。上述したように、一軸複屈折材料の一般的条件は $n_x = n_y \neq n_z$ である。従って、もし図15の各層102と104が一軸複屈折であるなら、 $n_{1x} = n_{1y}$ 、且つ、 $n_{2x} = n_{2y}$ である。本説明の目的のために、層102は層104よりも大きい平面内屈折率を有し、従って、xとy方向の両方で $n_1 > n_2$ である。一軸複屈折多層系の光学的挙動は、 $n_{1z}$ と $n_{2z}$ の値を変動して、正又は負の複屈折の異なるレベルを導入することにより、調整できる。

式1は、図15に示すような2層から成る一軸複屈折系の単一界面の反射能を決定する。s偏光用の式2は、等方性フィルム( $n_x = n_y = n_z$ )の単純な場

合であることが容易に示されるから、式1を調べるだけでよい。例示の目的のた

(23)

めに、フィルム屈折率のいくつかの一般的であるけれども特定の値を付与する。

$n_{1x} = n_{1y} = 1.75$ 、 $n_{1z}$  = 可変、 $n_{2x} = n_{2y} = 1.50$ 、且つ、 $n_{2z}$  = 可変であるとする。この系の各種の起こり得るブリュスター角を例示するために、回りの等方性媒質に対して  $n_o = 1.60$  であるとする。

図16は、 $n_{1z}$  が  $n_{2z}$  より大きい又は等しい ( $n_{1z} \geq n_{2z}$ ) 場合において、等方性媒質から複屈折層に入射する p 偏光の角度に対する反射能の曲線を示す。図16に示された曲線は、以下の  $z$  屈折率値、a)  $n_{1z} = 1.75$ 、 $n_{2z} = 1.50$ 、b)  $n_{1z} = 1.75$ 、 $n_{2z} = 1.57$ 、c)  $n_{1z} = 1.70$ 、 $n_{2z} = 1.60$ 、d)  $n_{1z} = 1.65$ 、 $n_{2z} = 1.60$ 、e)  $n_{1z} = 1.61$ 、 $n_{2z} = 1.60$  と f)  $n_{1z} = 1.60 = n_{2z}$  に対するものである。 $n_{1z}$  が  $n_{2z}$  に接近するにつれて、反射能がゼロになる角度であるブリュスター角が増加する。曲線 a-e は強く角度に依存している。しかしながら、 $n_{1z} = n_{2z}$  (曲線 f) である時、反射能に角度依存は無い。換言すれば、曲線 f の反射能は全ての入射角に対して一定である。その点において、式1は、角度依存型式  $(n_{2o} - n_{1o}) / (n_{2o} + n_{1o})$  に至る。 $n_{1z} = n_{2z}$  の時、ブリュスター効果は無く、全ての入射角に対して一定の反射能がある。

図17は、 $n_{1z}$  が数値的に  $n_{2z}$  より大きい又は等しい場合における入射角に対する反射能の曲線を示す。光は等方性媒質から複屈折層に入射する。これらの場合、反射能は入射角と共に単調に増加する。これは、s 偏光に観察されるような挙動である。図17の曲線 a は s 偏光の単一の場合を示す。曲線 b-e は、 $n_z$  の各種の値が以下の順、b)  $n_{1z} = 1.50$ 、 $n_{2z} = 1.60$ 、c)  $n_{1z} = 1.55$ 、 $n_{2z} = 1.60$ 、d)  $n_{1z} = 1.59$ 、 $n_{2z} = 1.60$  と e)  $n_{1z} = 1.60 = n_{2z}$  である p 偏光の場合を示す。再び、 $n_{1z} = n_{2z}$  (曲線 e) である時、ブリュスター効果は無く、全ての入射角に対して一定の反射能がある。

図18は、図16と図17と同じであるが、屈折率  $n_o = 1.0$  (空気) の入射媒質である場合を示す。図18の曲線は、屈折率が  $n_{2x} = n_{2y} = 1.50$

で  $n_{2z} = 1.60$  である正の一軸材料と、 $n_{1x} = n_{1y} = 1.75$  で、更に

(24)

、 $n_{1z}$ の値が上から下に以下の順、a) 1.50、b) 1.55、c) 1.59、d) 1.60、f) 1.61、g) 1.65、h) 1.70とi) 1.75である負の一軸複屈折材料の単一界面におけるp偏光に対してプロットされる。再び、図16と図17に示したように、 $n_{1z}$ と $n_{2z}$ の値が合致している(曲線d)、反射能に角度依存は無い。

図16、図17と図18は、一方のフィルムのz軸屈折率が他方のフィルムのz軸屈折率と等しい時、一つの型式の挙動から別への転換が起こる。これは、負及び正の一軸複屈折材料と等方性材料の幾つかの組合せに当てはまる。ブリュスター角がより大きい又はより小さい角度に移行する他の状況が起こる。

平面内屈折率とz軸屈折率の間の各種の起こり得る関係が図19、図20と図21に図示されている。垂直軸は屈折率の相対値を示し、水平軸は各種の条件を単に分離するのに使われている。各図は、左側でz屈折率が平面内屈折率と等しい2枚の等方性フィルムで始まる。右側へ行くと、平面内屈折率は一定に保たれ、又、各種のz軸は増減して、正又は負の複屈折の相対量を示す。

図16、17と18に関して上述した場合が図19に図示されている。材料1の平面内屈折率は材料2の平面内屈折率より大きく、材料2は正の複屈折を有する( $n_{2z}$ は平面内屈折率よりも大きい)。ブリュスター角が消えて反射能が全ての入射角に対して一定である点は、2個のz軸屈折率が等しい所である。この点は、図16の曲線f、図17の曲線eと図18の曲線dに対応する。

図16において、材料1は材料2よりも大きな平面内屈折率を有するが、材料1は正の複屈折を有し、又、材料2は負の複屈折を有する。この場合、ブリュスター最小は角度のより低い値に移行できるだけである。

図19と図20は、2枚のフィルム的一方が等方性である限定された場合に有効である。2つの場合では、材料1が等方性で材料2が正の複屈折を有し、又は、材料2が等方性で材料1が負の複屈折を有する。ブリュスター効果が無い点は、複屈折材料のz軸屈折率が等方性フィルムの屈折率に等しい所である。

別の場合では、両方のフィルムが同じ型式、即ち、両方が負の複屈折又は両方が正の複屈折である。図21は、両方のフィルムが負の複屈折を有する場合を示



(25)

す。しかしながら、2個の正の複屈折層の場合は図21に示した2個の負の複屈折層の場合に類似していることを理解すべきである。前と同様に、一方の $z$ 軸屈折率が他方のフィルムのそれに等しいか又は交差するだけで、ブリュスター効果が消去される。

2個の平面内屈折率が等しいが $z$ 軸屈折率が異なる更に別の場合が生じる。図19-21に示された全ての3つの場合の部分集合であるこの場合、 $s$ 偏光に対してはいかなる角度においても反射が起こらず、 $p$ 偏光に対する反射能は入射角が増加するにつれて単調に増加する。この型式の品物は、入射角が増加するにつれて $p$ 偏光の反射能が増加すると共に、 $s$ 偏光に対して透明である。この品物は、それ故、「 $s$ 偏光子」と呼ぶことができる。

当業者は、一軸複屈折系の挙動を記述する上記の原理を、広い範囲の状況に望ましい光学的効果を創造するために適用できることを理解すべきである。望ましい光学的性質を有する装置を生産するために、多層堆積内の層の屈折率を操作及び調整できる。多くの負及正の一軸複屈折系を各種の平面内及び $z$ 軸屈折率で作ることができ、又、多くの有用な装置を、ここに記載した原理を使って、設計及び製作できる。

### 二軸複屈折系 (偏光子)

再び図15を参照して、2成分直交二軸複屈折系を説明する。再び、系は多くの層を有することができるが、堆積の光学的挙動の理解は、一界面における光学的挙動を調べることによって達成される。

二軸複屈折系は、全ての入射角に対して一軸に平行な偏光平面を有する光に対する高い反射能を与えると同時に、全ての入射角に対して他方の軸に平行な偏光平面を有する光に対する低い反射能を有するように設計できる。その結果、二軸複屈折系は偏光子として働き、一方の偏光の光を透過すると共に、他方の偏光の光を反射する。各フィルムの3個の屈折率 $n_x$ 、 $n_y$ と $n_z$ を制御することによって、望ましい偏光子挙動を得ることができる。

前記したPEN/c o PENの多層反射偏光子は二軸複屈折系の一例である。

しかしながら、一般に、多層堆積を造るために使用される材料は重合体である必

(26)

要は無い。ここに記載した一般的原理に収まるいかなる材料も多層堆積を造るのに使用することができる。

図15に再び参照して、例示の目的のために以下の値、 $n_{1x}=1.88$ 、 $n_{1y}=1.64$ 、 $n_{1z}=\text{可変}$ 、 $n_{2x}=1.65$ 、 $n_{2y}=\text{可変}$ と $n_{2z}=\text{可変}$ をフィルム屈折率に割当てて。x方向は吸光方向、又、y方向は透過方向と呼ばれる。

式1は、入射平面が延伸方向又は非延伸方向にある光の2つの重要な場合についての二軸複屈折系の角度挙動を予測するのに使用できる。偏光子は、一偏光方向には鏡であり、他の方向には窓である。延伸方向において、数百の層を有する多層堆積における大屈折率差 $1.88-1.65=0.23$ がs偏光に対する非常に高い反射能を生じる。p偏光に対し、各種の角度における反射率は、 $n_{1z}/n_{2z}$ 屈折率差に依存する。

殆どの用途において、理想的な反射偏光子は、全ての入射角において、一軸に沿って高い反射率を、又、他方の軸に沿ってゼロ反射率を有する。もし透過軸に沿ってなんらかの反射能が生じ、又、それが各種の波長に対して異なる場合、偏光子の効率が低下すると共に、色が透過光に導入される。両方の効果は望ましくない。これは、平面内y屈折率が合致していても、z屈折率の大きな不一致によって起こされる。この結果としての系は、pに対して大きな反射能を有すると共に、s偏光に対して極めて透明である。この場合は、鏡の場合の上記分析において「p偏光子」と呼ばれる。

図22は、PEN/c o PENの800層堆積に対して、非延伸方向における入射平面を有するp偏光の $75^\circ$ における反射能 $(-Log[1-R])$ としてプロット)を示す。反射能は、可視スペクトル(400-700nm)に渡り波長の関数としてプロットされる。550nmにおける曲線aの関連屈折率は、 $n_{1y}=1.64$ 、 $n_{1z}=1.52$ 、 $n_{2y}=1.64$ と $n_{2z}=1.63$ である。モデル堆積設計は、各対が前の対よりも0.3%厚い1/4波対に対する単純な線状厚さグレードである。全ての層には、ガウス分布と5%の標準偏差のランダ

(27)

ム厚さ誤差が付与される。

曲線 a は、透過軸（y 軸）に沿った可視スペクトルを渡る高偏心反射能を示すと共に、異なる波長が異なる反射能レベルを経験することを示す。スペクトルは層厚誤差とフィルムキャリパー等の空間の非一様性に感度が高いので、これは、極めて非一様で色彩に富んだ外観を有する二軸複屈折系を与える。ある用途では高度の色が望ましいけれども、LCD 表示装置や他の型式の表示装置等の一様で低い色の外観を必要とする用途には偏心色の程度を制御及び最小化することが望ましい。

もしフィルム堆積が全ての可視波長に対して同じ反射能を与えるように設計されているならば、一様で中間の灰色反射が生じる。しかしながら、これは殆ど完全な厚さ制御を必要とする。代りに、s 偏光反射能を最小に保つ一方で、ブリュスター状態偏心を造る非延伸平面内屈折率に屈折率不一致を導入することによって、偏心反射能と偏心色を最小化できる。

図 23 は、二軸複屈折系の透過軸に沿った偏心反射能を減少する時に y 軸屈折率不一致を導入する効果を調べる。 $n_{1z} = 1.52$  と  $n_{2z} = 1.63$  ( $\Delta n_z = 0.11$ ) で、p 偏光に対して以下の条件、a)  $n_{1y} = n_{2y} = 1.64$ 、b)  $n_{1y} = 1.64$ 、 $n_{2y} = 1.62$  と c)  $n_{1y} = 1.64$ 、 $n_{2y} = 1.66$  がプロットされる。曲線 a は、平面内屈折率  $n_{1y}$  と  $n_{2y}$  が等しい反射能を示す。曲線 a は、 $0^\circ$  で反射率が最小となるが、 $20^\circ$  の後急勾配で立上がる。 $n_{1y} > n_{2y}$  である曲線 b では、反射率が急に増加する。 $n_{1y} < n_{2y}$  である曲線 c は、 $38^\circ$  で反射率が最小となるが、その後急勾配で立上がる。曲線で示すように、 $n_{1y} \neq n_{2y}$  である s 偏光に対しても相当の反射が生じる。図 23 の曲線 a - d は、ブリュスター最小が存在するには、y 屈折率不一致 ( $n_{1y} - n_{2y}$ ) の符号が z 屈折率不一致 ( $n_{1z} - n_{2z}$ ) と同じであるべきであることを示す。 $n_{1y} = n_{2y}$  の場合だけ、s 偏光の反射能は全ての角度においてゼロである。

層間の z 軸屈折率差を減少するために、偏心反射能を更に減少できる。もし  $n_{1z}$  が  $n_{2z}$  に等しいなら、図 18 は、吸光軸が垂直入射のように高反射能ずれ

角を有すると共に、両方の屈折率が合致している（例えば、 $n_{1y} = n_{2y}$ 、且つ、 $n_{1z} = n_{2z}$ ）ので、いかなる角度においても非延伸軸に沿って反射が生じないことを示す。

いくつかの重合体系では2個のy屈折率と2個のzインデックスの正確な合致が可能でないかも知れない。もしz軸屈折率が偏光子構造において合致していないと、平面内屈折率 $n_{1y}$ と $n_{2y}$ に対して少しの不一致が必要になるかも知れない。別の例が、 $n_{1z} = 1.56$ で $n_{2z} = 1.60$  ( $\Delta n_z = 0.04$ )で、以下のyインデックス、a)  $n_{1y} = 1.64$ 、 $n_{2y} = 1.65$ とb)  $n_{1y} = 1.64$ 、 $n_{2y} = 1.63$ を仮定する図24にプロットされている。曲線cは各場合におけるs偏光にたいするものである。y屈折率の不一致の符号がz屈折率不一致と同じである曲線aは、最低ずれ角反射能に帰着する。

図24の曲線aの条件下に $75^\circ$ の入射角におけるフィルムの800層堆積の計算された偏心反射率が図22に曲線bとしてプロットされている。図22における曲線bと曲線aの比較は、曲線bにプロットされた条件に対して、偏心反射率ははるかに小さく、従って、知覚する色がより低いことを示す。550nmにおける曲線bの関連屈折率は、 $n_{1y} = 1.64$ 、 $n_{1z} = 1.56$ 、 $n_{2y} = 1.65$ で $n_{2z} = 1.60$ である。

図25は、図15に関してp偏光に対して述べた偏心反射能を要約する式1の輪郭プロットを示す。非延伸方向に関連する4個の独立屈折率は、2個の屈折率不一致 $\Delta n_z$ と $\Delta n_y$ に減少されている。プロットは、15度の増分で $0^\circ$ から $75^\circ$ までの各種の入射角における平均6個のプロットである。反射能は、 $0.4 \times 10^{-4}$ の一定増分で曲線aの $0.4 \times 10^{-4}$ から曲線jの $4.0 \times 10^{-4}$ に及ぶ。プロットは、一光軸に沿う屈折率不一致に起因する高反射能を他方の軸に沿う不一致によってどのように相殺し得るかを示す。

従って、二軸複屈折系の層間のz屈折率の不一致を減少すること及び／又はブリュスター効果を生じるためにy屈折率の不一致を導入することによって、偏心反射能と、故に、偏心色が多層反射偏光子の透過軸に沿って最小化される。

狭い波長範囲内で働く狭帯域偏光子は、ここに記載した原理を使って設計する

こともできることを注目すべきである。これらは、例えば、赤、緑、青、シアン、マゼンタ又は黄の帯域で偏光子を生産するようにもできる。

#### 材料選択と処理

上記の設計思想を確立すれば、当業者は、望ましい屈折率関係を生じるように選択された条件下に処理する時に本発明に係る多層の鏡又は偏光子を形成するのに広範囲の材料を使用できることを容易に理解するだろう。一般に、必要な全ては、材料の一方が、第2の材料と比べて選択された方向において異なる屈折率を有することである。この差は、例えば、有機重合体の場合のようにフィルム形成中又は後の延伸、例えば、液体結晶質の場合のように押出し又は被覆を含む各種の方法で得ることができる。更に、2個の材料は、同時押出しできるように、同様な流動学的性質（例えば、熔融粘度）を有することが好ましい。

一般に、第1の材料として結晶性又は半結晶質有機重合体を、第2の材料として有機重合体を選択することによって、適当な組合せを得ることができる。次に、第2の材料は、結晶性、半結晶質又は非晶質でよく、又は、第1の材料と反対の複屈折を有してもよい。

適当な材料の特定の例は、ポリエチレンナフタレート（PEN）とその異性体（例えば、2，6-、1，4-、1，5-、2，7-及び2，3-PEN）、ポリアルキレンテレフタレート（例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート及びポリ-1，4-シクロヘキサンジメチレンテレフタレート）、ポリイミド樹脂（例えば、ポリアクリルイミド）、ポリエーテルイミド、アタクチックポリスチレン、ポリカーボネート、ポリメタクリレート（例えば、ポリイソブチルメタクリレート、ポリプロピルメタクリレート、ポリエチルメタクリレート及びポリメチルメタクリレート）、ポリアクリレート（例えば、ポリブチルアクリレート及びポリメチルアクリレート）、セルロース誘導体（例えば、エチルセルロース、セルロースアセテート、セルロースプロピオネート、セルロースアセテートブチレート及びセルロースニトレート）、ポリアルキレン重合体（例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブチレン、ポリイソブチレン及びポリ（4-メチル）ペンテン）、弗素化重合体（例えば、ペルフルオロアルコ

(30)

キシ樹脂、ポリテトラフルオロエチレン、弗素化エチレンープロピレン共重合体、ポリビニリデン弗化物及びポリクロトリフルオロエチレン)、塩素化重合体(例えば、ポリビニリデン塩化物及びポリ塩化ビニル)、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリアクリロニトリル、ポリアミド、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂、ポリビニルアセテート、ポリエーテルーアミド、イオノマー樹脂、エラストマー(例えば、ポリブタジエン、ポリイソプレン及びネオプレン)とポリウレタンを含む。

又、適当なのは共重合体、例えば、PENの共重合体(例えば、(a)テレフタル酸又はそのエステル、(b)イソフタル酸又はそのエステル、(c)フタル酸又はそのエステル、(d)アルカングリコール、(e)シクロアルカングリコール(例えば、シクロヘキサンジメタノールジオール)、(f)アルカンジカルボン酸及び/又は(g)シクロアルカンジカルボン酸(例えば、シクロヘキサンジカルボン酸)を有する2, 6-, 1, 4-, 1, 5-, 2, 7-及び/又は2, 3-ナフタレンジカルボン酸又はそのエステルの共重合体)、ポリアルキレンテレフタレート(例えば、(a)ナフタレンジカルボン酸又はそのエステル、(b)イソフタル酸又はそのエステル、(c)フタル酸又はそのエステル、(d)アルカングリコール、(e)シクロアルカングリコール(例えば、シクロヘキサンジメタノールジオール)、(f)アルカンジカルボン酸及び/又は(g)シクロアルカンジカルボン酸(例えば、シクロヘキサンジカルボン酸)を有するテレフタル酸又はそのエステルの共重合体)、スチレン共重合体(例えば、スチレンーブタジエン共重合体及びスチレンーアクリロニトリル共重合体)や4, 4'-重安息香酸とエチレングリコールである。更に、個々の各層が、上記の重合体又は共重合体の2個以上の配合物(例えば、SPSとアタクチックポリスチレンの配合物)を含んでもよい。

偏光子の場合の層の特に好ましい組合せは、PEN/c o-PEN、ポリエチレンテレフタレート(PET)/c o-PEN、PEN/SPS、PET/SPS、PEN/イーステア(E a s t a i r)及びPET/イーステアを含み、ここで、「c o-PEN」は上述したナフタレンジカルボン酸に基づく共重合体又

は配合物を指し、イーステアは、イーストマンケミカル社 (E a s t m a n C h e m i c a l C o . ) から市販されているポリシクロヘキサンジメチレンテレフタレートである。

鏡の場合の層の特に好ましい組合せは、PET/エクデル (E c d e l) 、PEN/エクデル、PEN/SPS、PEN/THV、PEN/c o o - P E T 及び PET/SPS を含み、ここで、「c o o - P E T」は上述したテレフタル酸に基づく共重合体又は配合物を指し、エクデルはイーストマンケミカル社から市販されている熱可塑性ポリエステルであり、更に、THVは3M社から市販されているフルオロポリマーである。

装置内の層の数は、経済的な理由から最小の数の層を使用して望ましい光学的性質を得るように選択される。偏光子と鏡の両方の場合において、層の数は好ましくは10,000未満、更に好ましくは、5,000未満、それより更に好ましくは、2,000未満である。

上述したように、各種の屈折率の間の望ましい関係及び、従って、多層装置の光学的性質を達成する能力は、多層装置を準備するのに使用される処理条件によって影響される。延伸によって配向し得る有機重合体の場合、多層フィルムを形成するように個々の重合体を同時押出し、次に、選択された温度で延伸することによって、フィルムを配向した後、オプションとして、選択された温度でヒートセットすることにより、装置は一般に準備される。代りに、押出し工程と配向工程を同時に行ってもよい。偏光子の場合、フィルムは大略一方向（一軸配向）に延伸され、又、鏡の場合、フィルムは大略2方向（二軸配向）に延伸される。

フィルムは、延伸比の平方根に等しい交差延伸が拘束されるから（即ち、交差延伸寸法の変化が大略ゼロ）、寸法的に交差延伸方向に緩和され得る。フィルムは、機械方向に長手オリエンターで、幅ではテンターを使用して又は対角線角度で延伸できる。

望ましい屈折率関係を有する多層装置を得るために、予備延伸温度、延伸温度、延伸速度、延伸比、ヒートセット温度、ヒートセット時間、ヒートセット緩和と交差延伸緩和が選択される。これらの変数は相互依存しているので、例えば、比

(32)

較的低い延伸温度でカップリングされるならば、例えば比較的低い延伸速度を使用できる。望ましい多層装置を得るのにこれらの変数の適当な組合せをどのように選択すべきかは当業者に明らかであろう。しかしながら、一般に、偏光子の場合、 $1:2-10$ （より好ましくは、 $1:3-7$ ）の延伸比が好ましい。鏡の場合、一軸に沿う延伸比が $1:2-10$ （より好ましくは、 $1:2-8$ で最も好ましくは、 $1:3-7$ ）の範囲であり、第2軸に沿う延伸比が $1:-0.5-10$ （より好ましくは、 $1:1-7$ で最も好ましくは、 $1:3-6$ ）の範囲であることが好ましい。

適当な多層装置は、（例えば、J. Polym. Sci. : Part B、30:1321（1992）にベーゼ他（Boese et al.）によって記載されている）スピコート及び真空蒸着のような手法を使用して用意することもでき、後者の手法は、結晶性重合体の有機及び無機材料の場合に特に有用である。

本発明を以下の例について説明する。例において、光学的吸収は無視し得るので、反射は $1 - \text{透過}$ （ $R = 1 - T$ ）である。

#### 鏡の例

PET：エクデル、601

601層を含む同時押し出されたフィルムが、同時押し出しプロセスにより順次フラットフィルム製作ライン上で作られた。 $0.6 \text{ dl/g}$ （60重量%フェノール／40重量%ジクロロベンゼン）の固有粘度を有するポリエチレンテレフタレート（PET）が押し出し機によって75ポンド／時間の速度で給送され、又、エクデル9966（イーストマンケミカルから入手できる熱可塑性エラストマー）が別の押し出し機にによって65ポンド／時間の速度で給送された。PETは表面層上にあった。601層の押し出し物を生産する2個のマルチプライヤーに通過させた151層を発生するために、米国特許第3801429号に記載されているようなフィードブロック法が使用された。米国特許第3565985号は典型的な同時押し出しマルチプライヤーを記載する。ウェブは、約 $210^\circ \text{F}$ のウェブ温度で約3.6の延伸比に長手配向された。その後、フィルムは、約 $235^\circ \text{F}$ に



(33)

約50秒で予熱されてから、約6%/秒の速度で約4.0の延伸比に横方向に延伸された。次に、フィルムは、400°Fに設定されたヒートセットオープン内で最大幅の約5%が緩和された。仕上膜厚は2.5ミルであった。

生産された注型ウェブは空気側で組織が粗く、図26に示されるように透過が得られた。角度60°（曲線b）におけるp偏光の0%透過は、波長移行を有する垂直入射（曲線a）と値が類似している。

比較のために、マールコーポレーション (Mearl Corporation) によって多分等方性材料（図27参照）で作られたフィルムは、60°の角度（垂直入射の曲線aと比較される曲線b）においてp偏光に対して反射能が目立った損失を示す。

PET：エクデル、151

151層を含む同時押出しされたフィルムが、同時押出しプロセスにより順次フラットフィルム製作ライン上で作られた。0.6dl/g（60重量フェノール/40重量%ジクロロベンゼン）の固有粘度を有するポリエチレンテレフタレート（PET）が押出し機によって75ポンド/時間の速度で供送され、又、エクデル9966（イーストマンケミカルから入手できる熱可塑性エラストマー）が別の押出し機によって65ポンド/時間の速度で給送された。PETは表面層上にあった。151層を発生するために、フィードブロック法が使用された。ウェブは、約210°Fのウェブ温度で約3.5の延伸比に長手配向された。その後、フィルムは、約215°Fに約12秒で予熱されてから、約25%/秒の速度で約4.0の延伸比に横方向に延伸された。次に、フィルムは、400°Fに設定されたヒートセットオープン内で最大幅の5%が約6秒間で緩和された。仕上膜厚は約0.6ミルであった。

このフィルムの透過は図28に示されている。角度60°（曲線b）におけるp偏光の0%透過は、波長移行を有する垂直入射（曲線a）と値が類似している。同じ押出し条件において、約0.8ミルの厚さの赤外反射フィルムを作るために、ウェブ速度が低下された。その透過は、垂直入射における曲線aと60度における曲線bを有する図29に示されている。

(34)

PEN : エクデル、225

一操作で注型ウェブを押出し、その後、フィルムを実験用フィルム延伸装置で配向することによって、225層を含む同時押出しされたフィルムが作られた。 $0.5 \text{ dl/g}$  (60重量%フェノール/40重量%ジクロロベンゼン) の固有粘度を有するポリエチレンナフタレート (PEN) が押出し機によって18ポンド/時間の速度で給送され、又、エクデル9966 (イーストマンケミカルから入手できる熱可塑性エラストマー) が別の押出し機にによって17ポンド/時間の速度で給送された。PENは表面層上にあった。225層の押出し物を生産する2個のマルチプライヤーに通過させた57層を発生するために、フィードブロック法が使用された。注型ウェブは厚さが12ミルで幅が12インチであった。後で、フィルムの四角部を把持して、同時にそれを両方向に一樣速度で延伸するために、パンタグラフを使用する実験用延伸装置を使用して、ウェブが二軸に配向された。7.46 cm角のウェブが、約 $100^{\circ}\text{C}$ で延伸器に装填されてから、60秒間で $130^{\circ}\text{C}$ に加熱された。次に、サンプルが約 $3.5 \times 3.5$ に延伸されるまで、延伸が(原寸法に基づく)  $100\%/秒$ で開始された。延伸直後に、室温空気を吹付けることによって、サンプルが冷却された。

図30は、この多層フィルム(垂直入射における曲線a、60度における曲線b)の光学的応答を示す。角度 $60^{\circ}$ におけるp偏光の%透過はなんらかの波長移行を有する垂直入射に類似していることに注目すべきである。

PEN : THV500、449

一操作で注型ウェブを押出し、その後、フィルムを実験用フィルム延伸装置で配向することによって、449層を含む同時押出しされたフィルムが作られた。 $0.53 \text{ dl/g}$  (60重量%フェノール/40重量%ジクロロベンゼン) の固有粘度を有するポリエチレンナフタレート (PEN) が押出し機によって56ポンド/時間の速度で給送され、又、THV500 (ミネソタ・マイニング・アンド・マニュファクチャリング・カンパニー (Minnesota Mining and Manufacturing Company) から入手できるフルオロポリマー) が別の押出し機にによって11ポンド/時間の速度で給送された。

(35)

PENは表面層上にあり、PENの50%は2枚の表面層内に存在した。449層の押出し物を生産する3個のマルチプライヤーに通過させた57層を発生するために、フィードブロック法が使用された。注型ウェブは厚さが20ミルで幅が12インチであった。後で、フィルムの四角部を把持して、同時にそれを両方向に一樣速度で延伸するために、パンタグラフを使用する実験用延伸装置を使用して、ウェブが二軸に配向された。7.46cm角のウェブが、約100°Cで延伸器に装填されてから、60秒間で140°Cに加熱された。次に、サンプルが約3.5×3.5に延伸されるまで、延伸が(原寸法に基づく)10%/秒で開始された。延伸直後に、室温空気を吹付けることによって、サンプルが冷却された。

図31はこの多層フィルムの透過を示す。再び、曲線aは垂直入射における応答を示す一方、曲線bは60度における応答を示す。

#### 偏光子の例

PEN: CoPEN、449—低い色

一操作で注型ウェブを押出し、その後、フィルムを実験用フィルム延伸装置で配向することによって、449層を含む同時押出しされたフィルムが作られた。0.56dl/g(60重量%フェノール/40重量%ジクロロベンゼン)の固有粘度を有するポリエチレンナフタレート(PEN)が押出し機によって43ポンド/時間の速度で給送され、又、0.52(60重量%フェノール/40重量%ジクロロベンゼン)の固有粘度を有するCoPEN(70モル%2,6NDCと30モル%DMT)が別の押出し機にによって25ポンド/時間の速度で給送された。PENは表面層上にあり、PENの40%は2枚の表面層内に存在した。449層の押出し物を生産する3個のマルチプライヤーに通過させた57層を発生するために、フィードブロック法が使用された。注型ウェブは厚さが10ミルで幅が12インチであった。後で、フィルムの四角部を把持して、それを他方向に一樣速度で押圧しながら一方向に延伸するために、パンタグラフを使用する実験用延伸装置を使用して、ウェブが一軸に配向された。7.46cm角のウェブが、約100°Cで延伸器に装填されてから、60秒間で140°Cに加熱され

(36)

た。次に、サンプルが約  $5.5 \times 1$  に延伸されるまで、延伸が（原寸法に基づく） $10\%/秒$  で開始された。延伸直後に、室温空気を吹付けることによって、サンプルが冷却された。

図32はこの多層フィルムの透過を示す。曲線aは垂直入射におけるp偏光の透過を示し、曲線bは $60^\circ$ 入射におけるp偏光の透過を示し、又、曲線cは垂直入射におけるs偏光の透過を示す。垂直入射と $60^\circ$ 入射の両方におけるp偏光の非常に高い透過（ $85-100\%$ ）に注目すべきである。p偏光では、 $60^\circ$ 入射における透過の方がより高い。何故なら、空気/PEN界面が $60^\circ$ に近いブリュスター角を有するからであり、そのため、 $60^\circ$ 入射における透過は $100\%$ に近い。又、曲線cで示される可視範囲（ $400-700\text{nm}$ ）におけるs偏光の高い吸光に注目すべきである。

PEN: CoPEN、601—高い色

ウェブを押出して、記述した全ての他の例と異なるテンターの上で配向することによって、601層を含む同時押出しされたフィルムが生産された。 $0.5\text{dl/g}$ （60重量%フェノール/40重量%ジクロロベンゼン）の固有粘度を有するポリエチレンナフタレート（PEN）が押出し機によって $75\text{ポンド/時間}$ の速度で給送され、又、 $0.55\text{dl/g}$ （60重量%フェノール/40重量%ジクロロベンゼン）の固有粘度を有するCoPEN（70モル%2,6NDCと30モル%DMT）が別の押出し機によって $65\text{ポンド/時間}$ の速度で給送された。PENは表面層上にあった。601層の押出し物を生産する2個のマルチプライヤーに通過させた151層を発生するために、フィードブロック法が使用された。米国特許第3565985号は同様の同時押出しマルチプライヤーを記載する。全ての延伸はテンターの中でなされた。フィルムは、約 $280^\circ\text{F}$ に約20秒で予熱されてから、約 $6\%/秒$ の速度で約4.4の延伸比に横方向に延伸された。次に、フィルムは、 $460^\circ\text{F}$ に設定されたヒートセットオープン内で最大幅の約2%が緩和された。仕上膜厚は1.8ミルであった。

フィルムの透過が図33に示されている。曲線aは垂直入射におけるp偏光の透過を示し、曲線bは $60^\circ$ 入射におけるp偏光の透過を示し、又、曲線cは垂

(37)

直入射におけるs偏光の透過を示す。垂直入射と60°入射の両方でp偏光の様な透過を注目すべきである。又、曲線cで示される可視範囲(400-700nm)におけるs偏光の非一様な吸光に注目すべきである。

PET:CoPEN、449

一操作で注型ウェブを押出し、その後、フィルムを実験用フィルム延伸装置で配向することによって、449層を含む同時押出しされたフィルムが作られた。0.60dl/g(60重量%フェノール/40重量%ジクロロベンゼン)の固有粘度を有するポリエチレンテレフタレート(PET)が押出し機によって26ポンド/時間の速度で給送され、又、0.53(60重量%フェノール/40重量%ジクロロベンゼン)の固有粘度を有するCoPEN(70モル%2,6ND Cと30モル%DMT)が別の押出し機にによって24ポンド/時間の速度で給送された。PETは表面層上にあった。449層の押出し物を生産する3個のマルチプライヤーに通過させた57層を発生するために、フィードブロック法が使用された。米国特許第3565985号は同様の同時押出しマルチプライヤーを記載する。注型ウェブは厚さが7.5ミルで幅が12インチであった。後で、フィルムの四角部を把持して、それを他方向に一樣速度で押圧しながら一方向に延伸するために、パンタグラフを使用する実験用延伸装置を使用して、ウェブが一軸に配向された。7.46cm角のウェブが、約100°Cで延伸器に装填されてから、60秒間で120°Cに加熱された。次に、サンプルが約5.0×1に延伸されるまで、延伸が(原寸法に基づく)10%/秒で開始された。延伸直後に、室温空気を吹付けることによって、サンプルが冷却された。仕上膜厚は約1.4ミルであった。このフィルムは、配向プロセス中に離層が発生しないだけの十分な接着力を有していた。

図34はこの多層フィルムの透過を示す。曲線aは垂直入射におけるp偏光の透過を示し、曲線bは60度入射におけるp偏光の透過を示し、又、曲線cは垂直入射におけるs偏光の透過を示す。垂直入射と60°入射の両方におけるp偏光の非常に高い透過(80-100%)に注目すべきである。

PEN:CoPEN、601

(38)

601層を含む同時押し出されたフィルムが、同時押し出しプロセスにより順次フラットフィルム製作ライン上で作られた。0.54dl/g (60重量%フェノール+40重量%ジクロロベンゼン)の固有粘度を有するポリエチレンナフタレート(PEN)が押し出し機によって75ポンド/時間の速度で給送され、又、c o PENが別の押し出し機にによって65ポンド/時間の速度で給送された。c o PENは、70モル%2,6ナフタレンジカルボシレートメチルエステル、15%ジメチルイソフタレートとエチレングリコールを有する15%ジメチルテレフタレートの重合体であった。151層を発生するためにフィードブロック法が使用された。フィードブロックは、PENに対する1.22とc o PENに対する1.22を光学層の厚さに割当てた層の勾配分布を作るように設計されている。PEN表面層が、同時押し出された層の8%の全厚を有する光学層の外側で同時押し出された。光学堆積を2個の順次マルチプライヤーによって多層化させた。マルチプライヤーの呼び多層化比は、夫々、1.2と1.22であった。次に、フィルムは、約310°Fに約40秒で予熱されてから、約6%/秒の速度で約5.0の延伸比に横方向に延伸された。仕上膜厚は約2ミルであった。

図35はこの多層フィルムの透過を示す。曲線aは垂直入射におけるp偏光の透過を示し、曲線bは60度入射におけるp偏光の透過を示し、又、曲線cは垂直入射におけるs偏光の透過を示す。垂直入射と60°入射の両方におけるp偏光の非常に高い透過(80-100%)に注目すべきである。又、曲線cで示される可視範囲(400-700nm)におけるs偏光の非常に高い吸光に注目すべきである。吸光は500nmと650nmの間で殆ど100%である。

57層フィードブロックを使用する例のために、全ての層は1光学厚さ(550nmの1/4)のみ用に設計されたが、押し出し装置が堆積を通じて層厚のずれを生じる結果、極めて広い帯域の光学的応答が得られる。151層フィードブロックの例では、可視スペクトルの一部を取扱うように層厚の分布を造るために、フィードブロックが設計された。それから、米国特許第5094788号及び第5094793号に記載されているように、可視スペクトルの殆どを取扱うように層厚を拡大するのに非対称マルチプライヤーが使用された。

多層フィルムの上記の原理と例は、図1-3、6、9-11又は13に示された表示装置構成のいずれにも適用できる。反射偏光子がLCDパネルと光共振器の間に配置された図1-3に示すような表示装置では、高い色の偏光子が使用されるかも知れない。高い色の偏光子は広い角度において光を一様に透過しない結果、非一様な外観と「色」偏心を生じる。しかしながら、極めて平行なビームが望ましい用途では、高い色の反射偏光子の偏心性能の重要性は低下する。

代りに、拡散器が反射偏光子とLCDパネルの間に配置された用途では、広角で低い色の偏光子が望ましい。この構成では、拡散器が、反射偏光子からそれに入射する光の方向をランダム化するように働く。もし反射偏光子が高い色なら、反射偏光子によって発生される偏心色のいくらかは、拡散器によって法線に向けて再指向される。これは、垂直視角において非一様な外観を有する表示装置に導くので極めて望ましくない。従って、拡散器が反射偏光子とLCDパネルの間に配置された表示装置では、低い色の広角偏光子が好ましい。

図1-3に示した表示装置の低い色の広角偏光子の別の利点は、望ましくない偏光が垂直入射角だけでなく非常に大きな偏心角においても反射されることである。これにより更に進んだ光のランダム化とリサイクリングが起こり得る結果、表示系の明るさゲインが増加する。

図9と10に示す表示装置構成では、明るさ強化型反射偏光子がLCDパネルと光共振器の間に配置されている。これらの構成では、低い色の広角反射偏光子が好ましい。これは構造面材料のビーム偏向効果に基づく。その効果は図7に関して説明できる。明るさ強化型反射偏光子にとって、光は最初に反射偏光部材を通過する。従って、図7のビーム236のような大きい偏心角を有するビームは、反射偏光部材を通過して、構造面材料218の平滑側に当たる。図7は、構造面材料218が、ビーム偏向レンズとして働いて、ビーム236をそれがその材料の構造面を出るときに再指向する。従って、低い色の広角反射偏光子が明るさ強化型反射偏光子に好ましい。何故なら、そうでないと、望ましくない色の光が観察者の垂直視角に向けて再指向されるからである。広角で低い色の反射偏光子を使用することによって、垂直視角における表示の一様性が維持される。

(40)

明るさ強化型反射偏光子は、図 23-25、特に、法線からいくらか角度をずらしてブリュスター効果を導入することによって偏心色を減少した図 24 に関する上記説明から利益を得る。上述したように、多層反射偏光子の層間の  $y$  屈折率の不一致を導入すると共に、層間の  $z$  屈折率の不一致を減少することによって、これは達成される。それ故、（この挙動は図 23-25 に関して上記した説明に従って調整できるので、）  $y$  屈折率の不一致と  $z$  屈折率の不一致を導入することにより調整し得る望ましいずれ角の色性能に構造面材料（所定の光学的性能に対して、 $90^\circ$  構造面材料に図 7 及び 8 に示したようなもの）のプリズムの角度を調整することによって、明るさ強化型反射偏光子のどんな望ましい組合せも得ることができる。

図 11 に示すような表示装置構成では、反射偏光子が構造面明るさ強化フィルムと LCD パネルの間に配置されている。この構成では、反射偏光子に対する拘束は、高い又低い色の見地からあまり拘束的でない。これは構造面材料のビーム偏向効果に基づく。構造面材料は、光を法線に向けて指向して、例えば、図 8 に示すような非常に広い角度で光を透過しないので、反射偏光子がこの構成においてどんな広角光も見ないため、低い色の広角反射偏光子は必ずしも必要でない。この効果は、構造面材料の 2 個の交差部材を反射偏光子の後方に配置した図 13 の表示装置においてより顕著である。これは反射偏光子に入射する光の 2 次元視準に帰着する。

本発明が、添付の請求項で規定されているように、本発明の精神及び範囲から逸脱すること無しに各種の変形をなし得る例示的な例に関して説明された。



(41)

【図1】

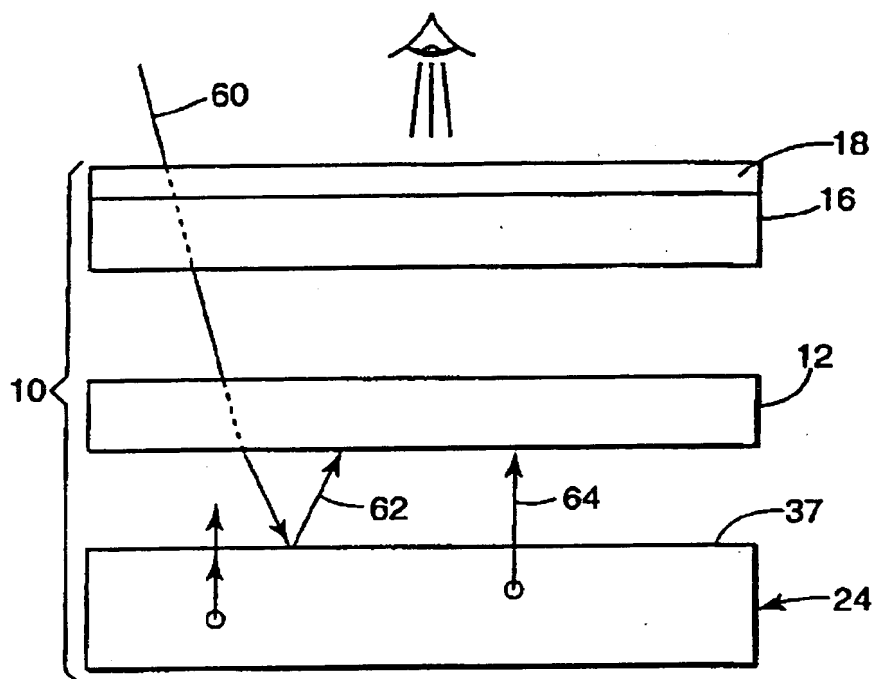


Fig. 1

【図2】

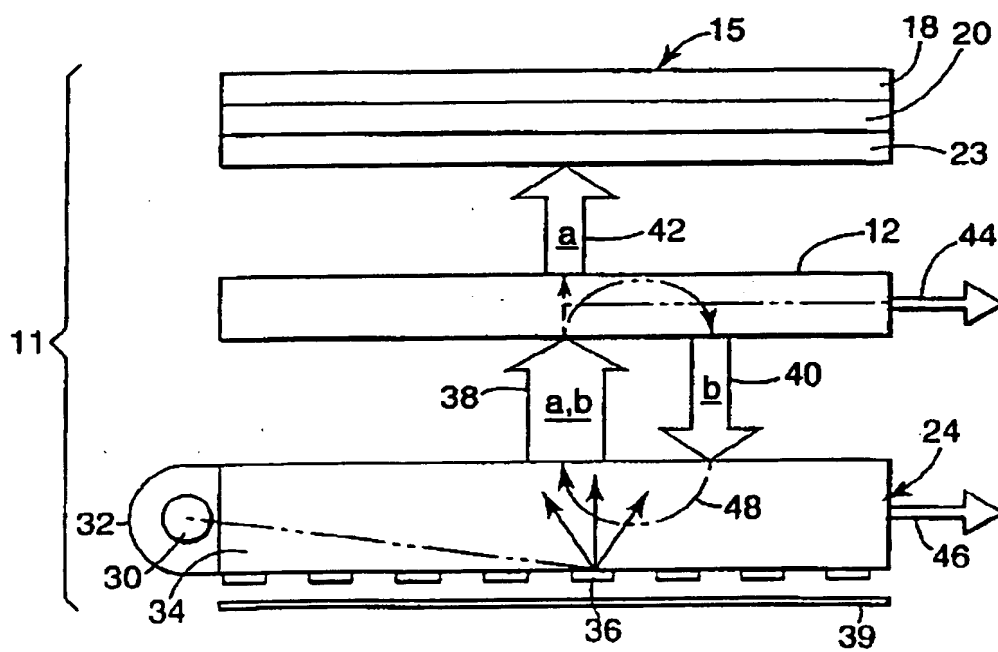


Fig. 2

(42)

【図3】

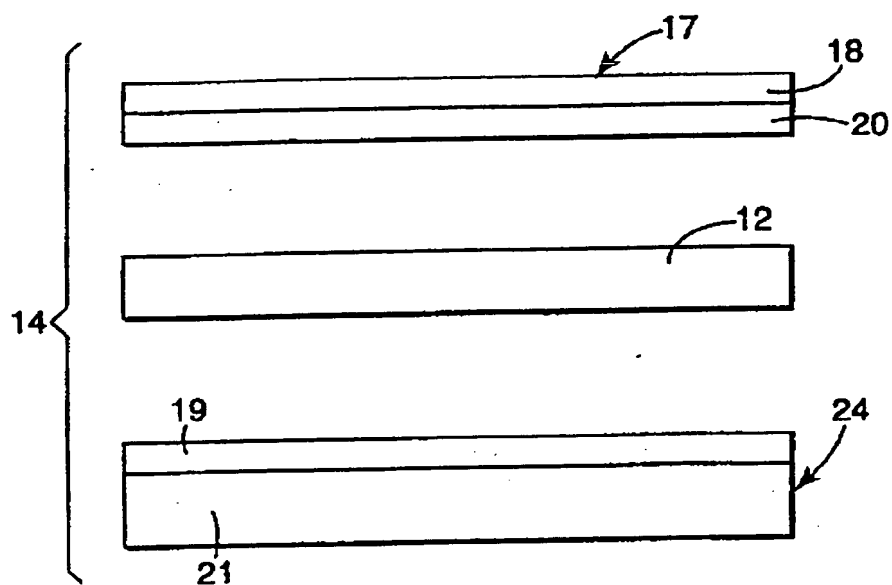


Fig. 3

【図4】

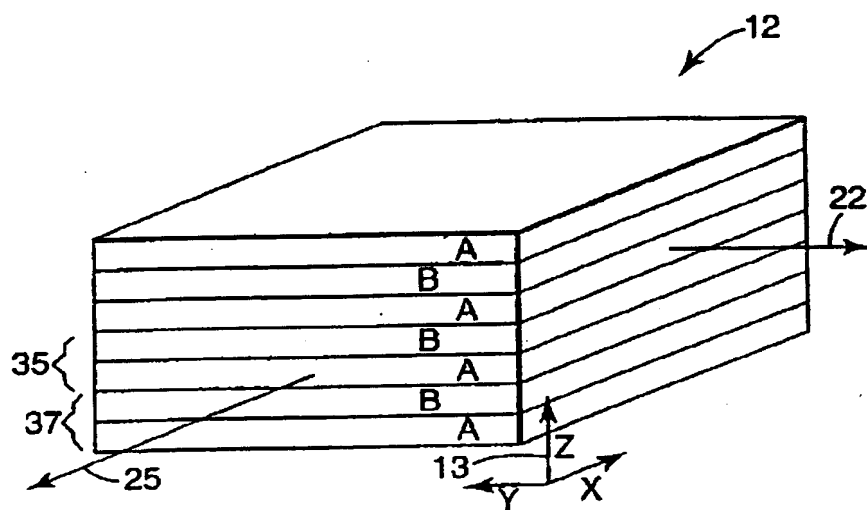
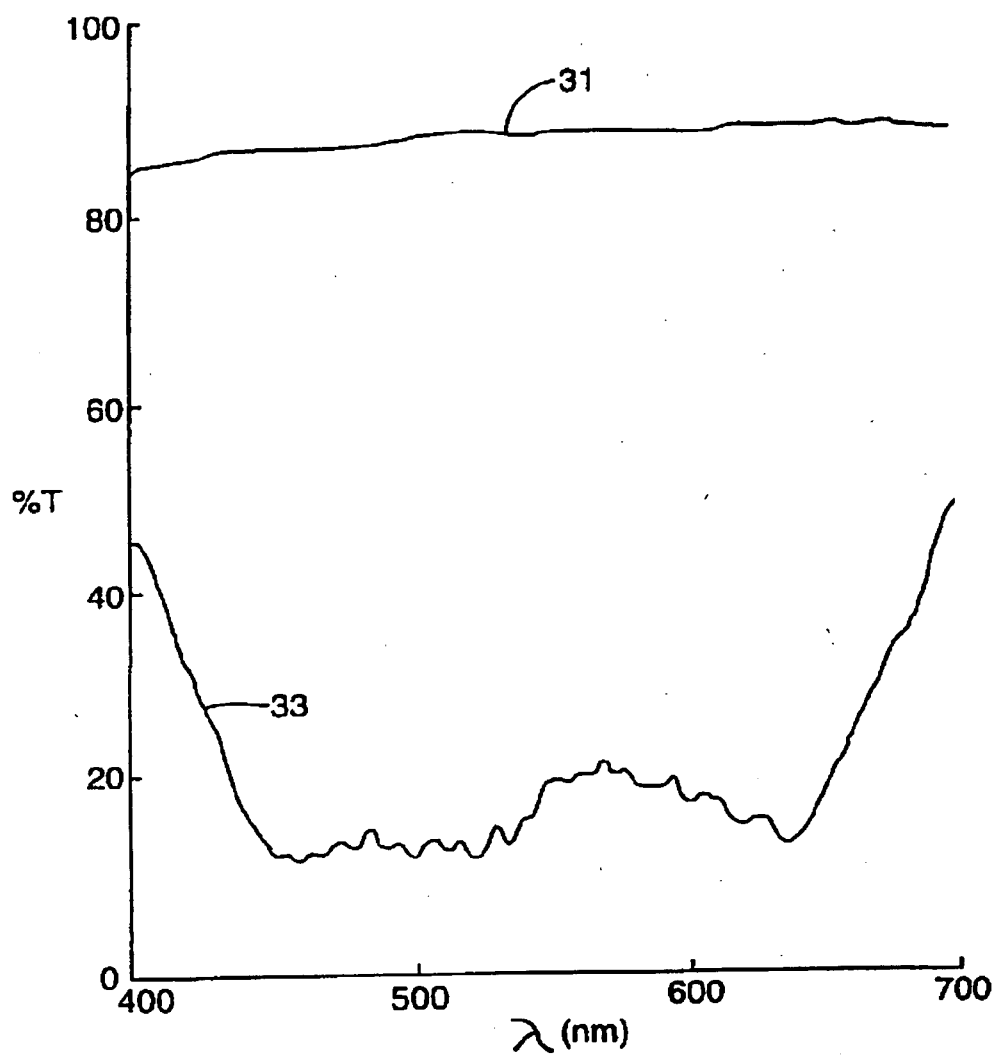


Fig. 4

(43)

【図5】

**Fig. 5**

(44)

【図6】

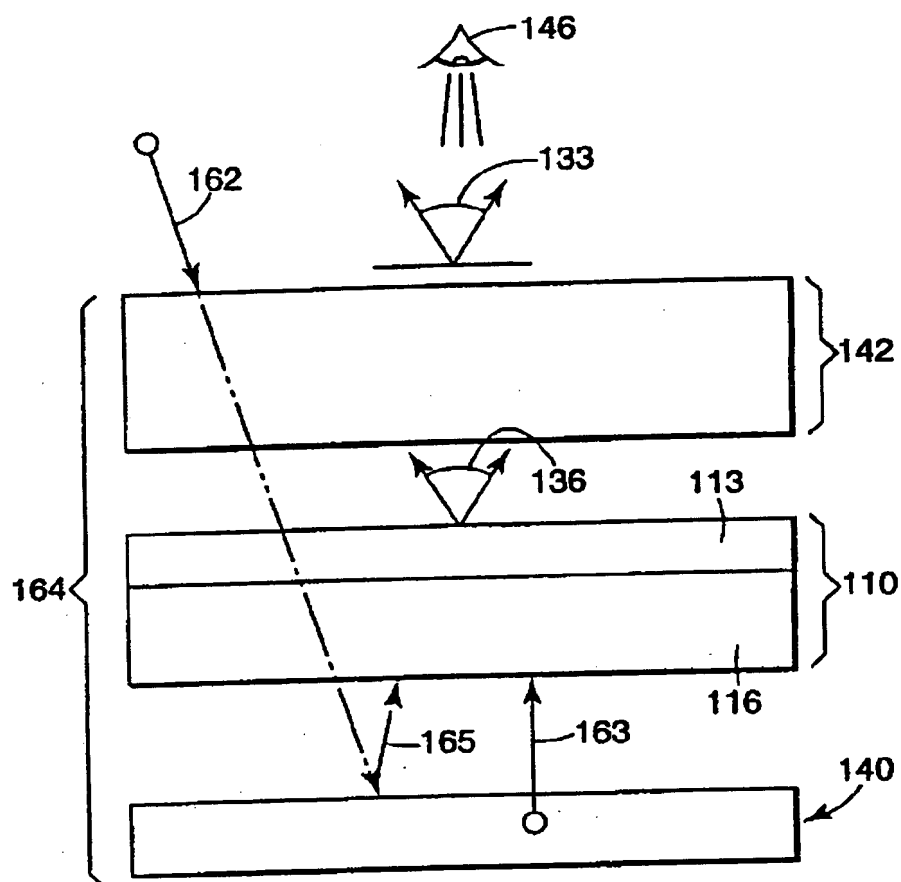


Fig. 6

【図7】

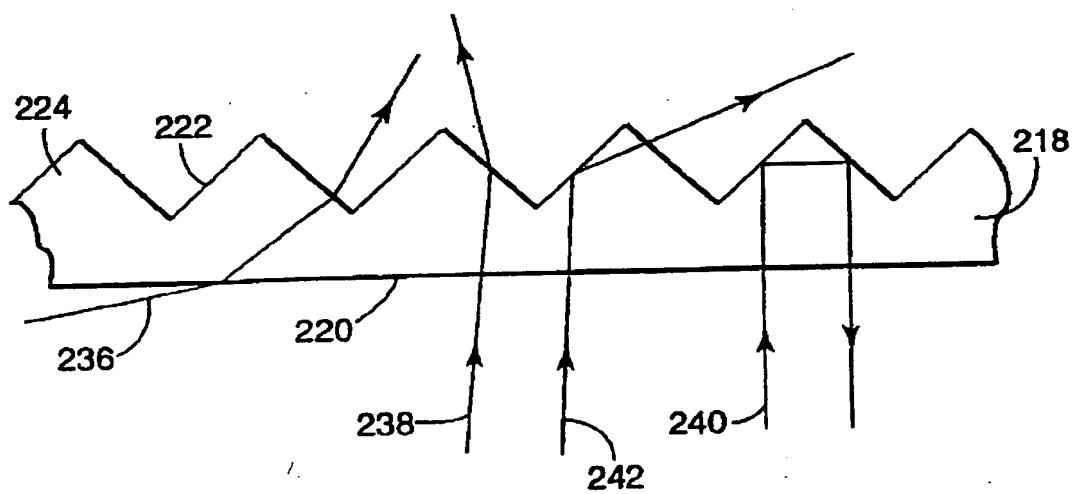


Fig. 7

(45)

【図8】

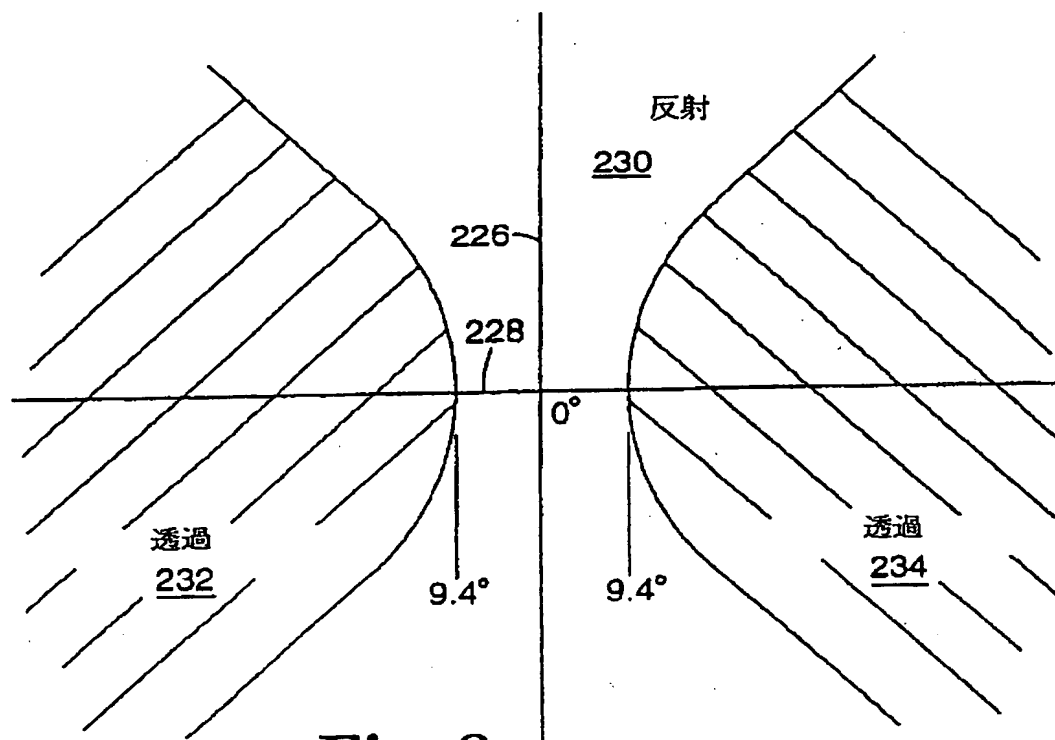
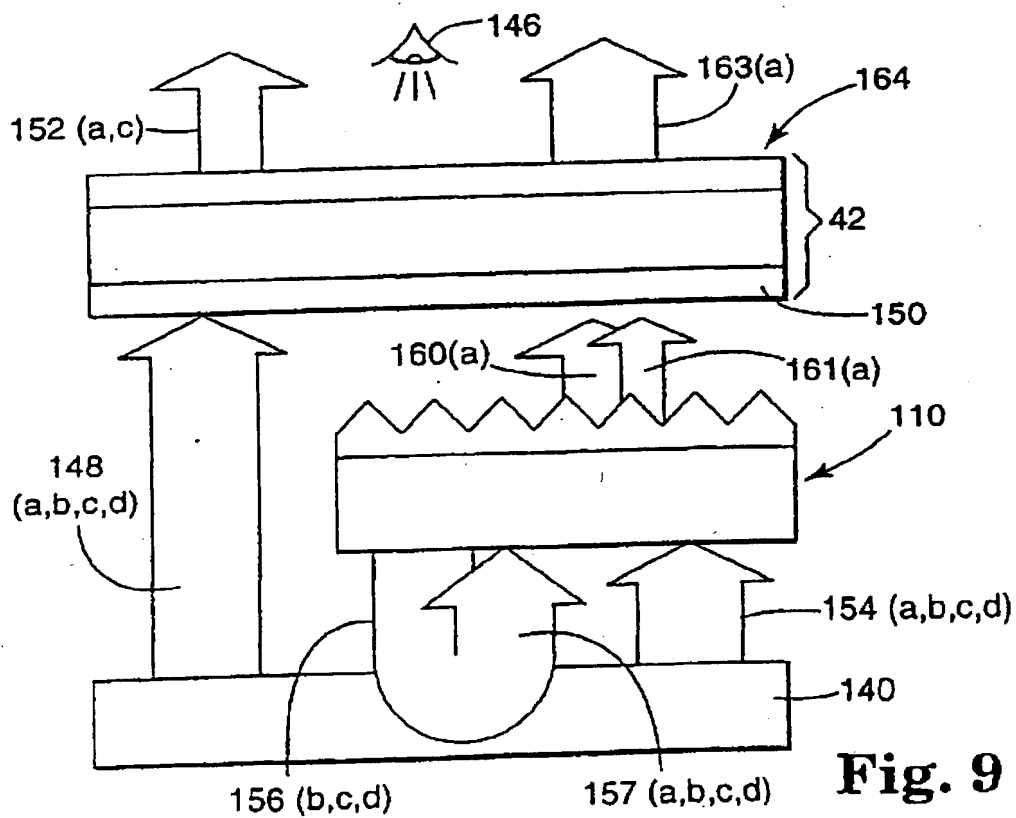


Fig. 8

(46)

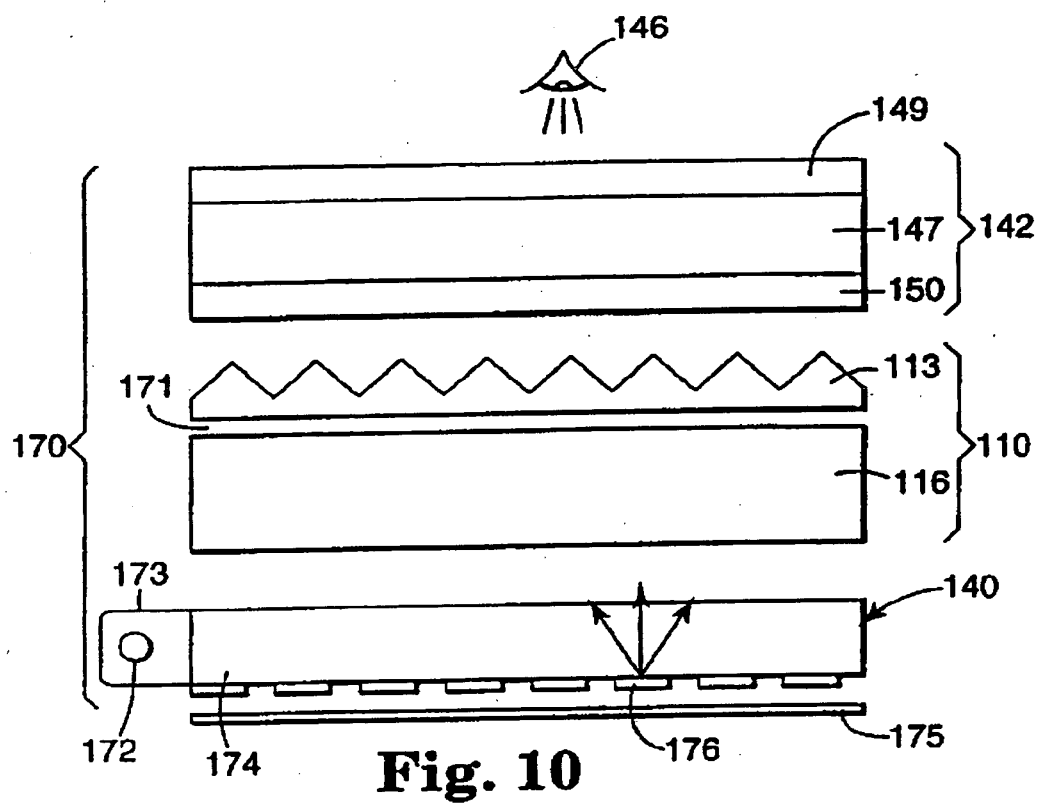
【図9】



**Fig. 9**

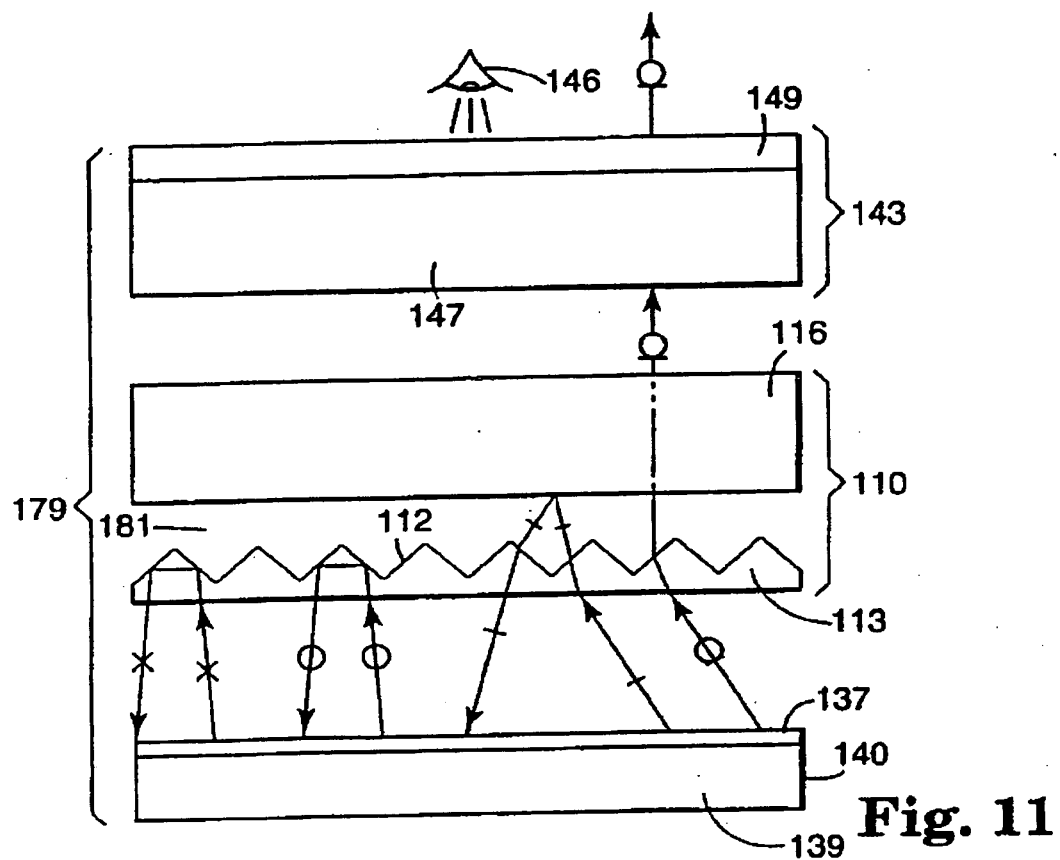
(47)

【図 10】



(48)

【図11】





(49)

【図12】

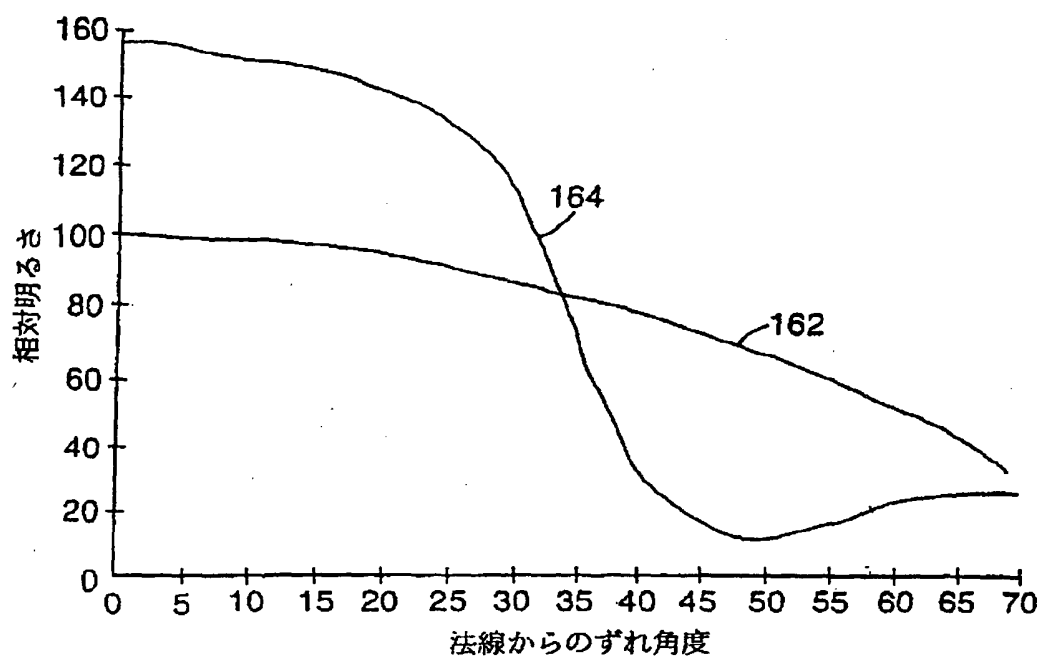


Fig. 12

【図13】

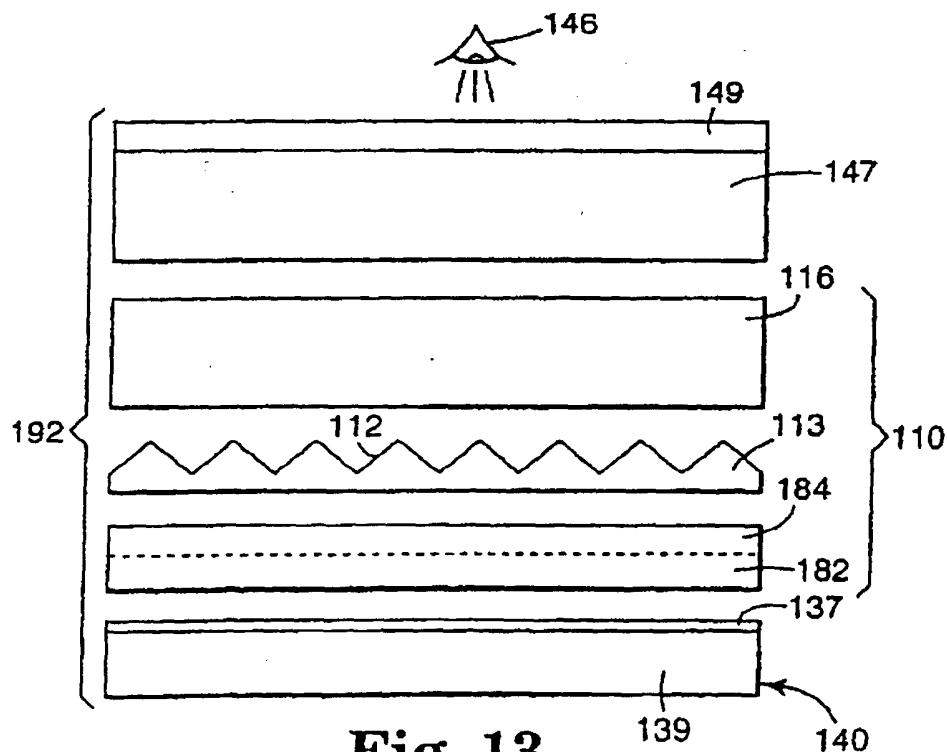


Fig. 13

(50)

【図14】

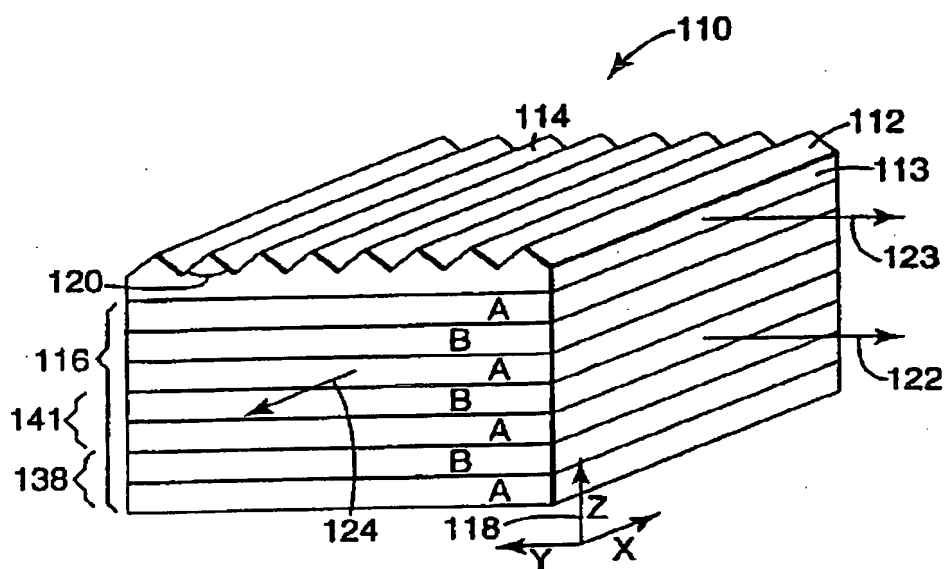


Fig. 14

【図15】

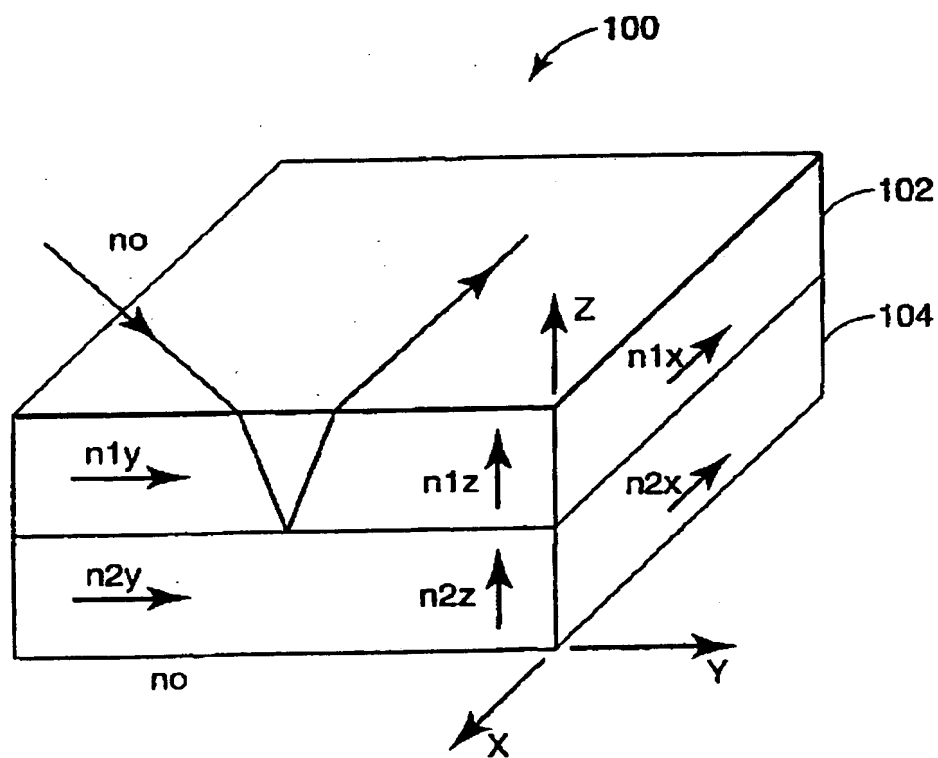


Fig. 15

(51)

【図16】

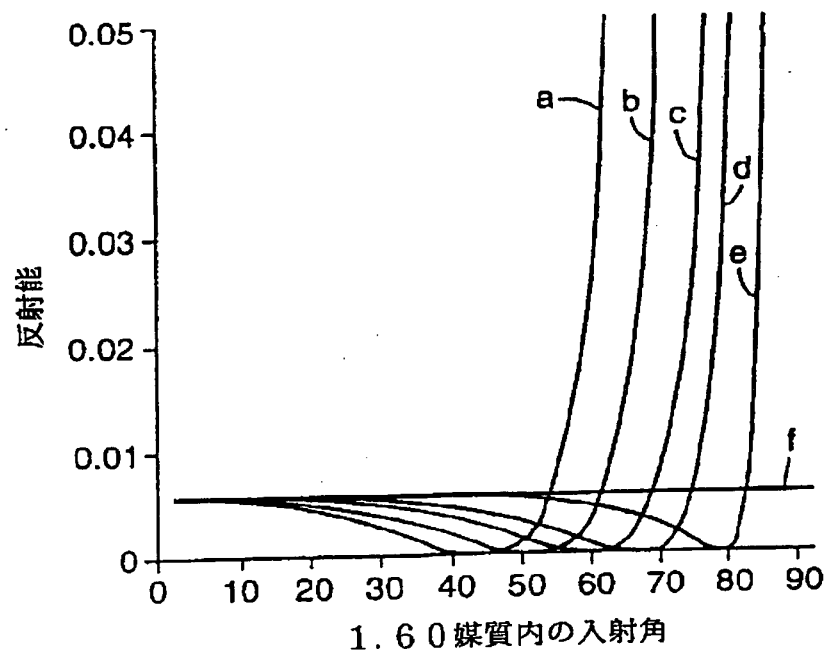


Fig. 16

【図17】

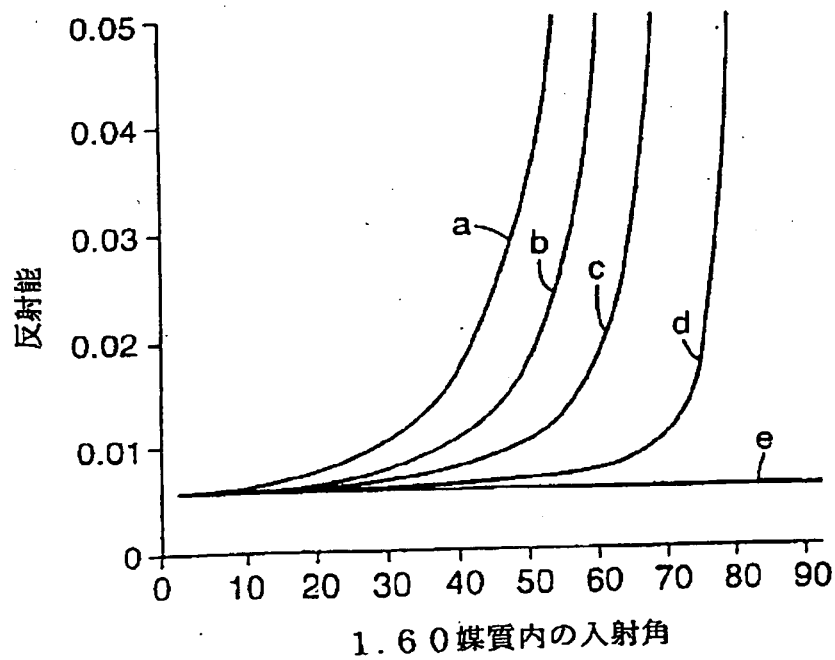


Fig. 17

(52)

【図18】

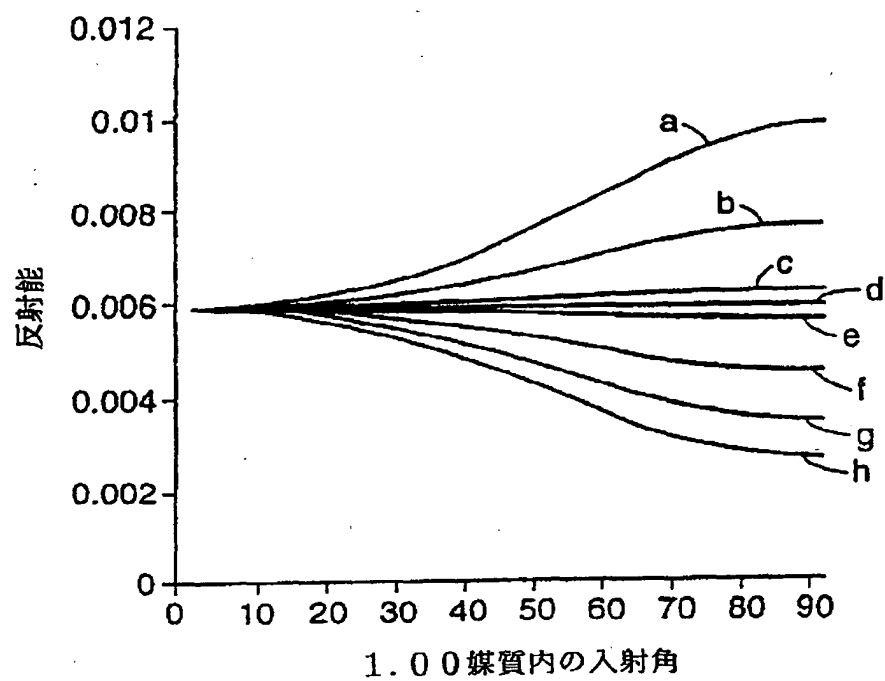


Fig. 18

(53)

【図19】

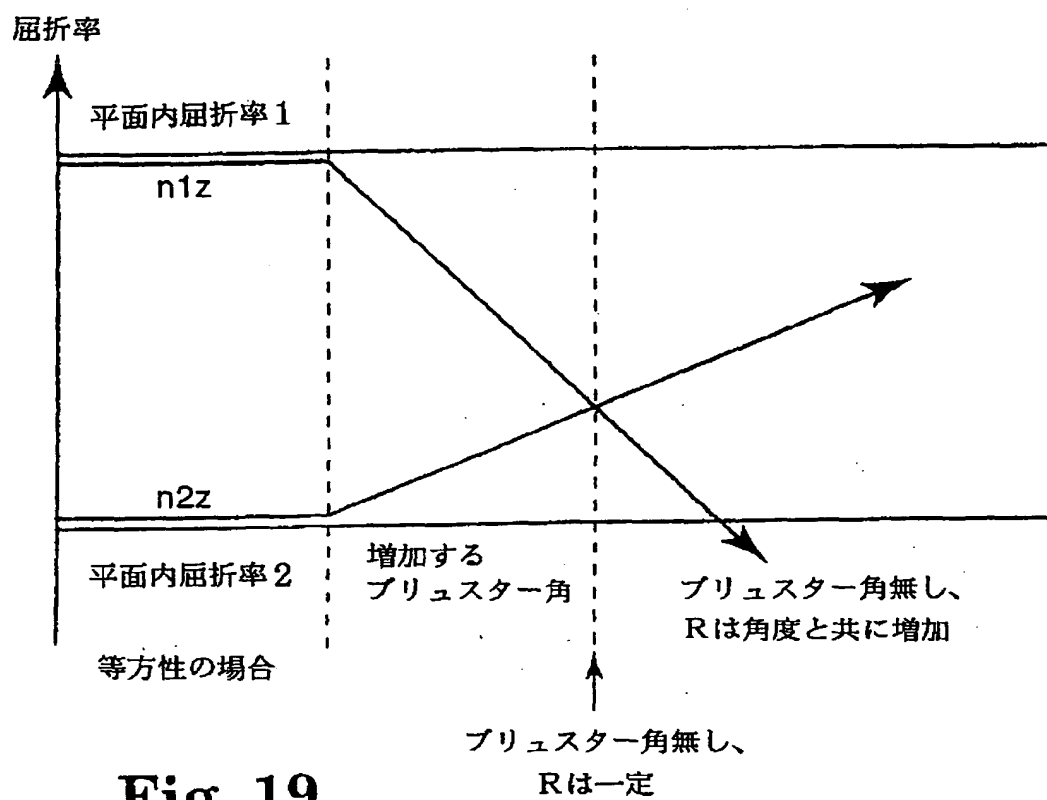


Fig. 19

(54)

【図20】

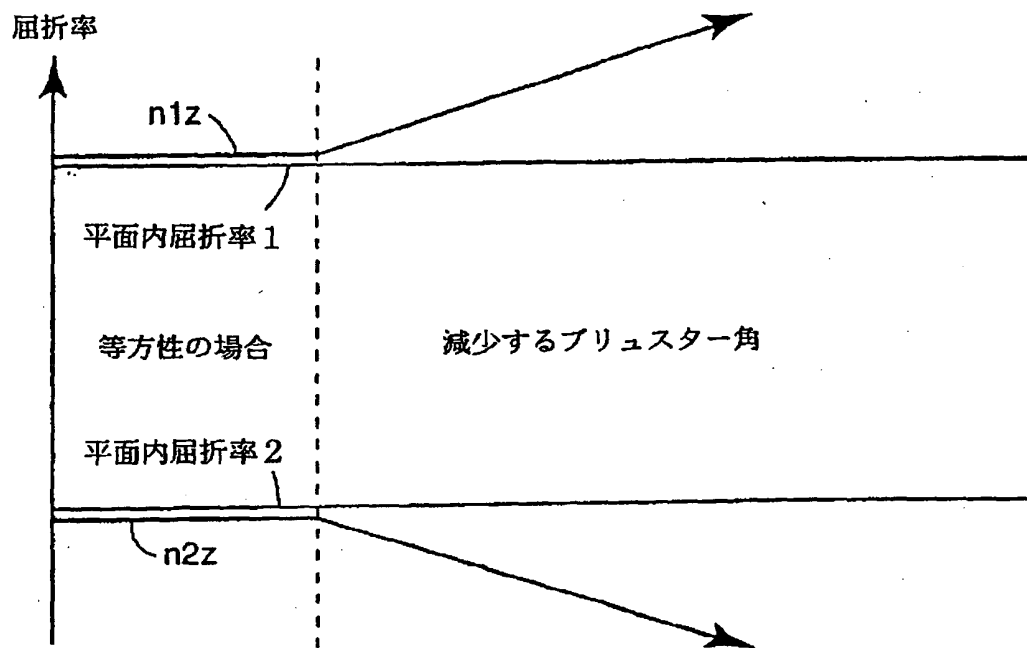


Fig. 20

(55)

【図21】

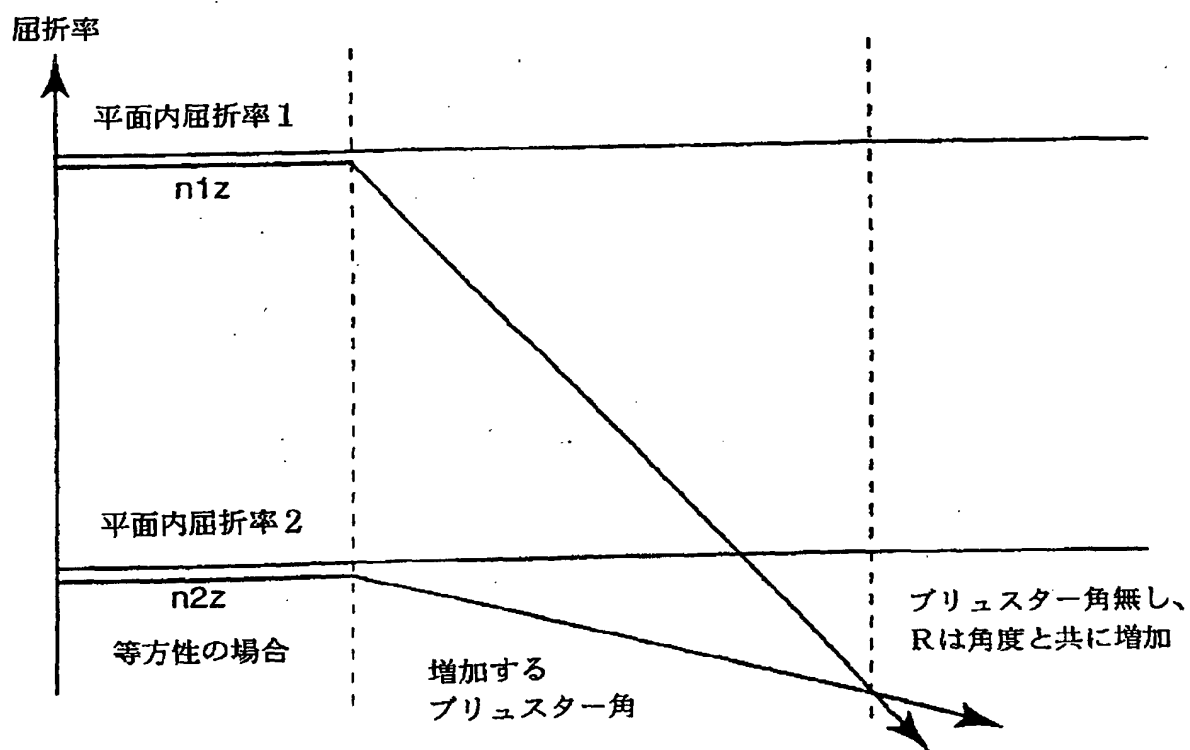
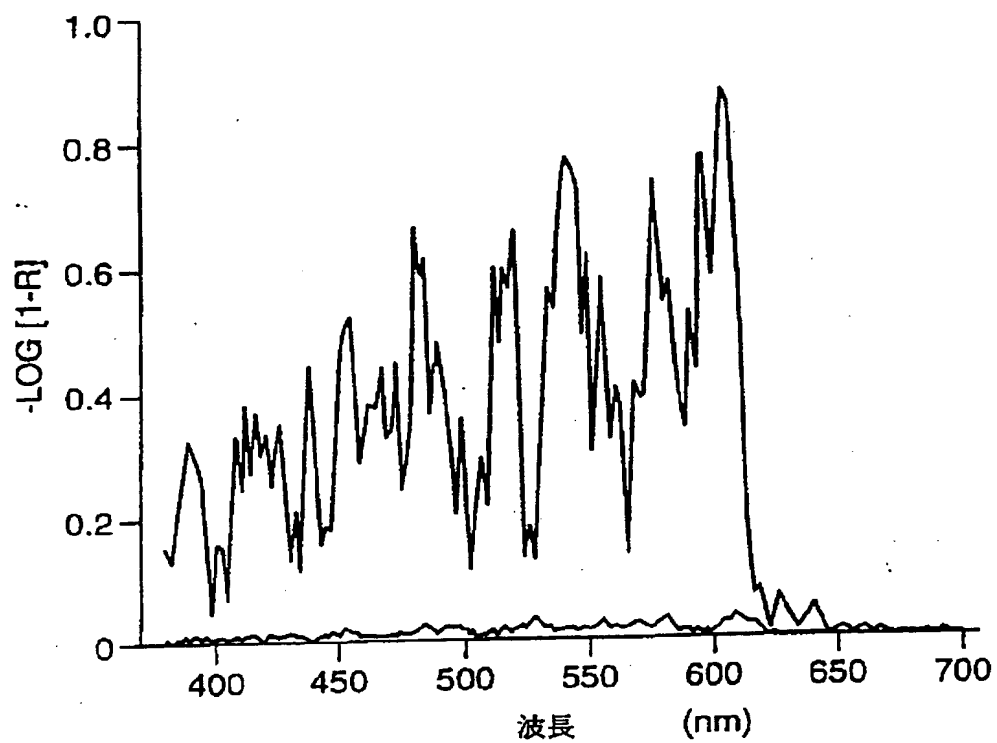


Fig. 21

(56)

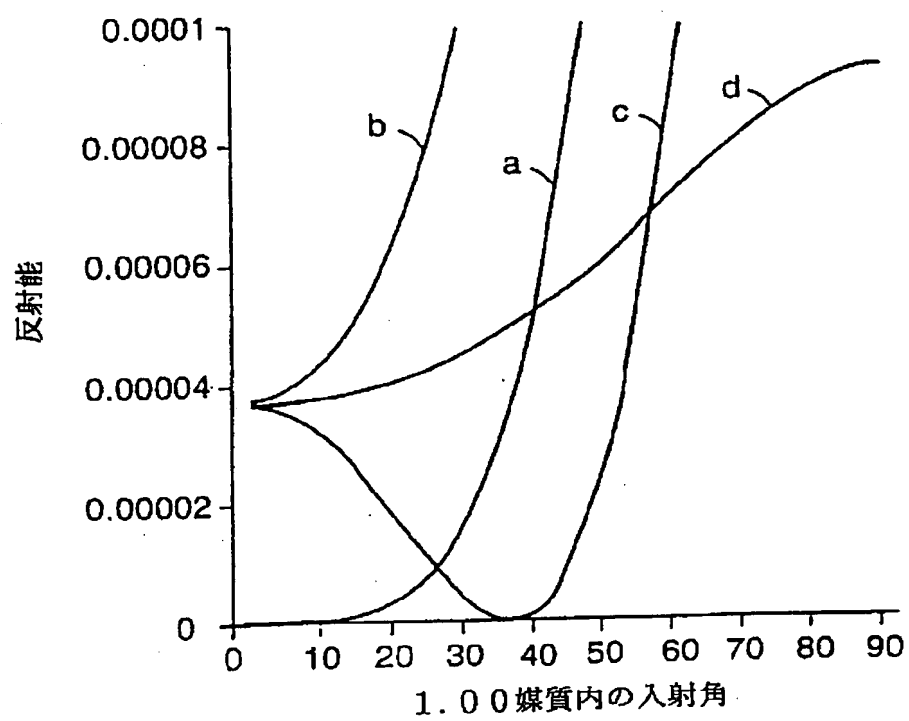
【図22】

**Fig. 22**



(57)

【図23】

**Fig. 23**

(58)

【図24】

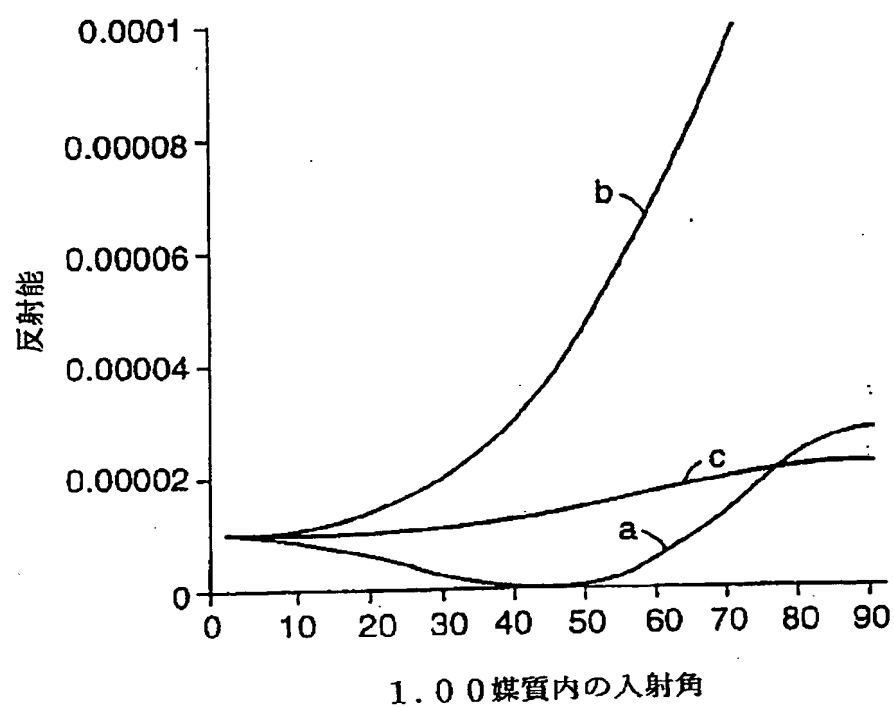
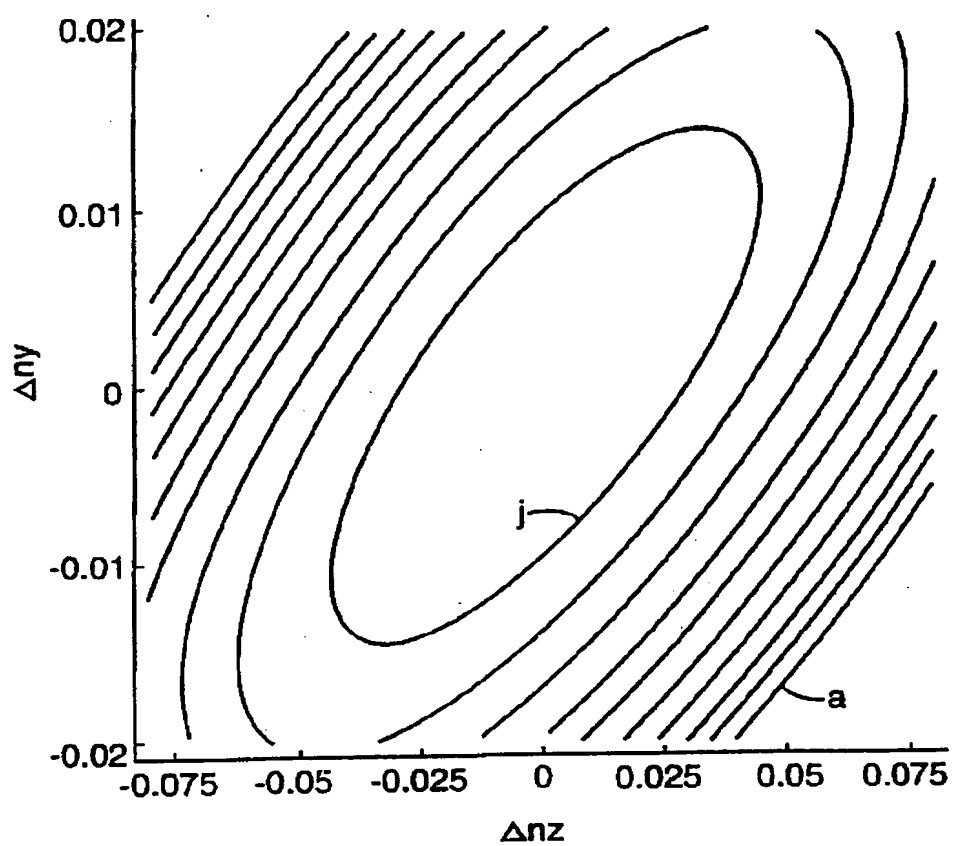


Fig. 24

(59)

【图25】

**Fig. 25**

(60)

【図26】

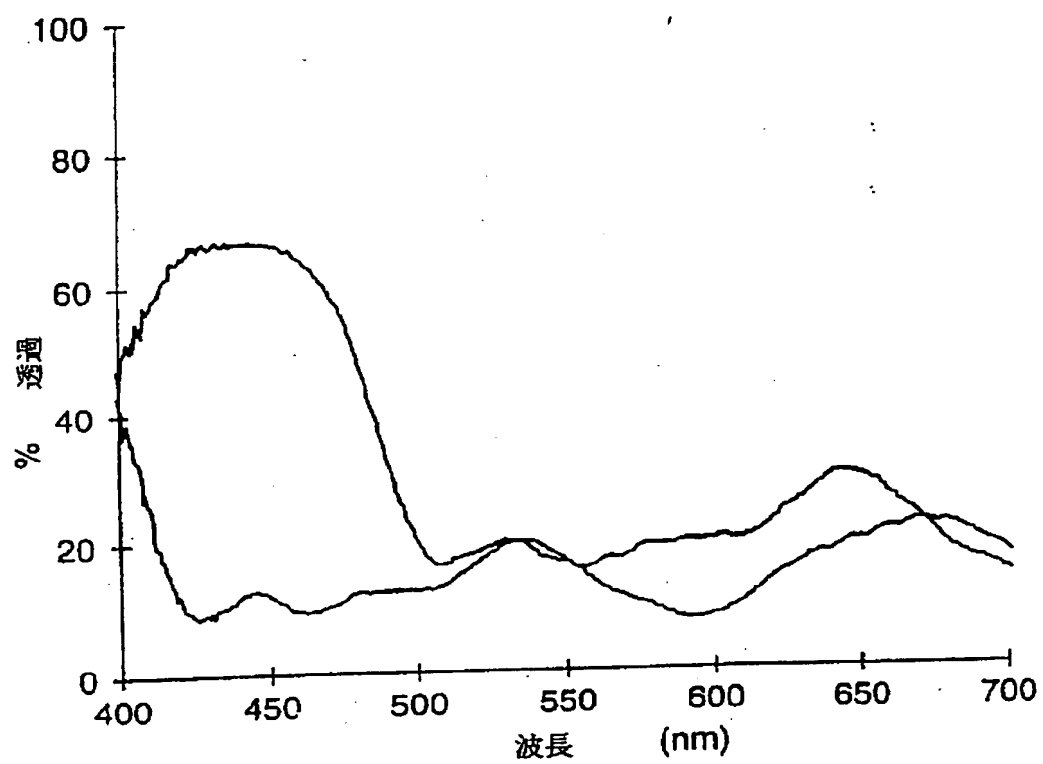


Fig. 26

(61)

【図27】

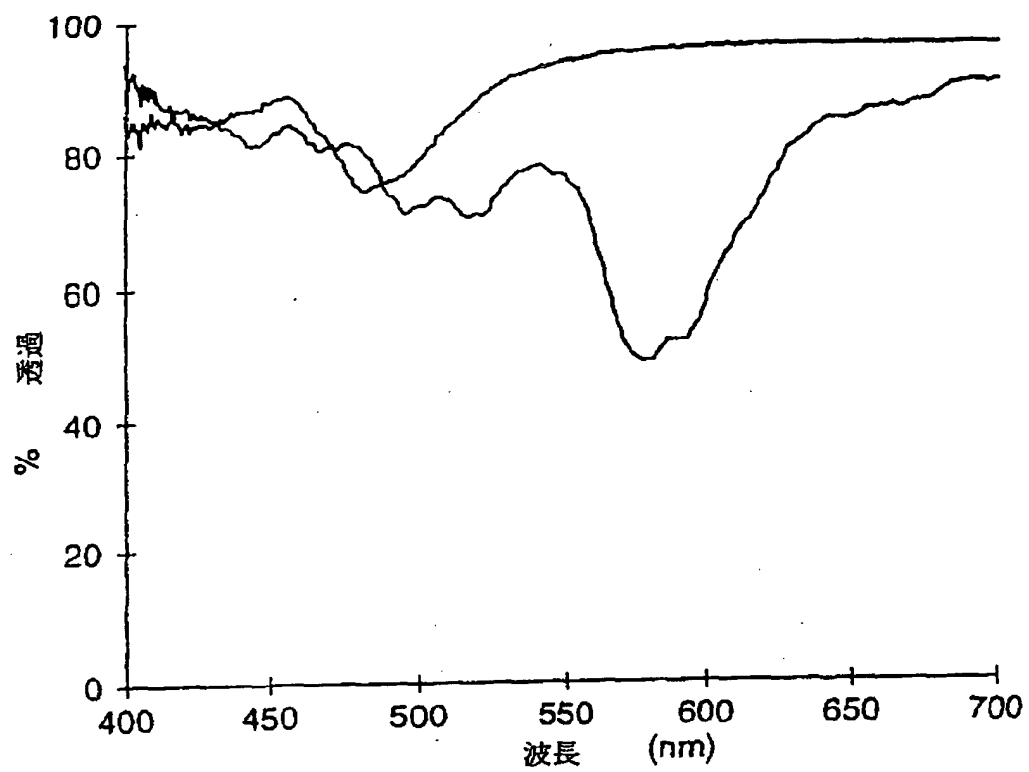


Fig. 27

(62)

【図28】

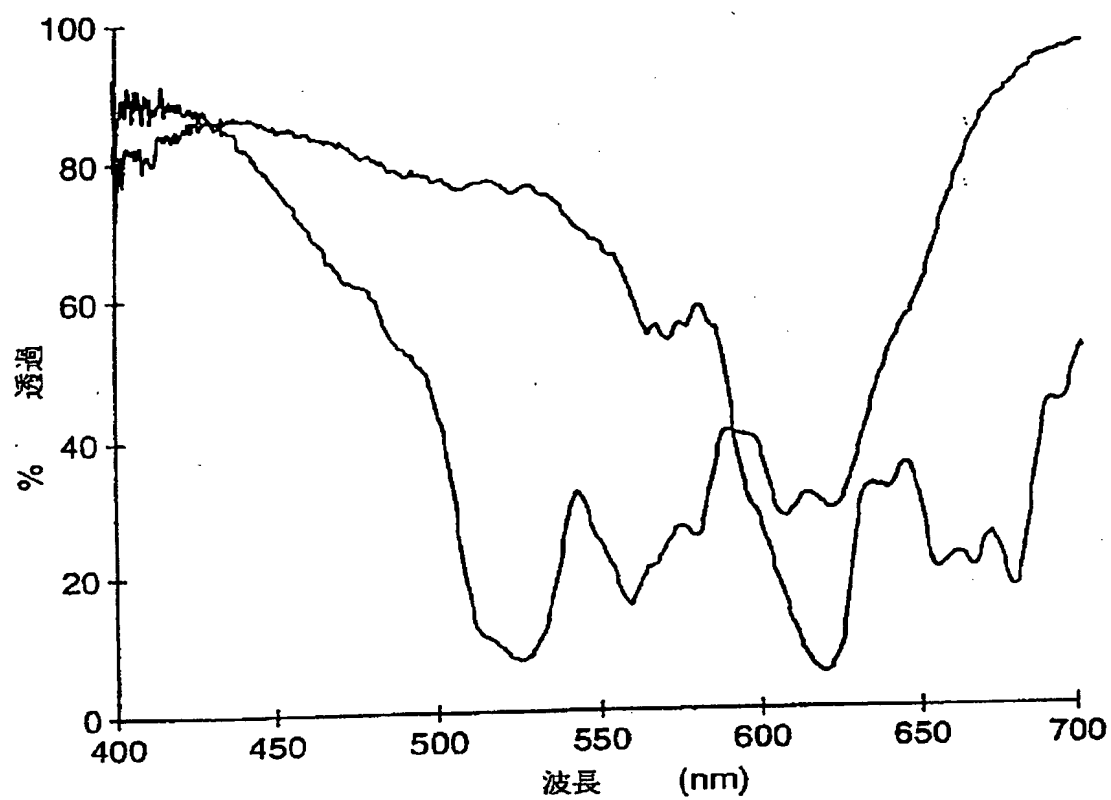


Fig. 28

(63)

【図29】

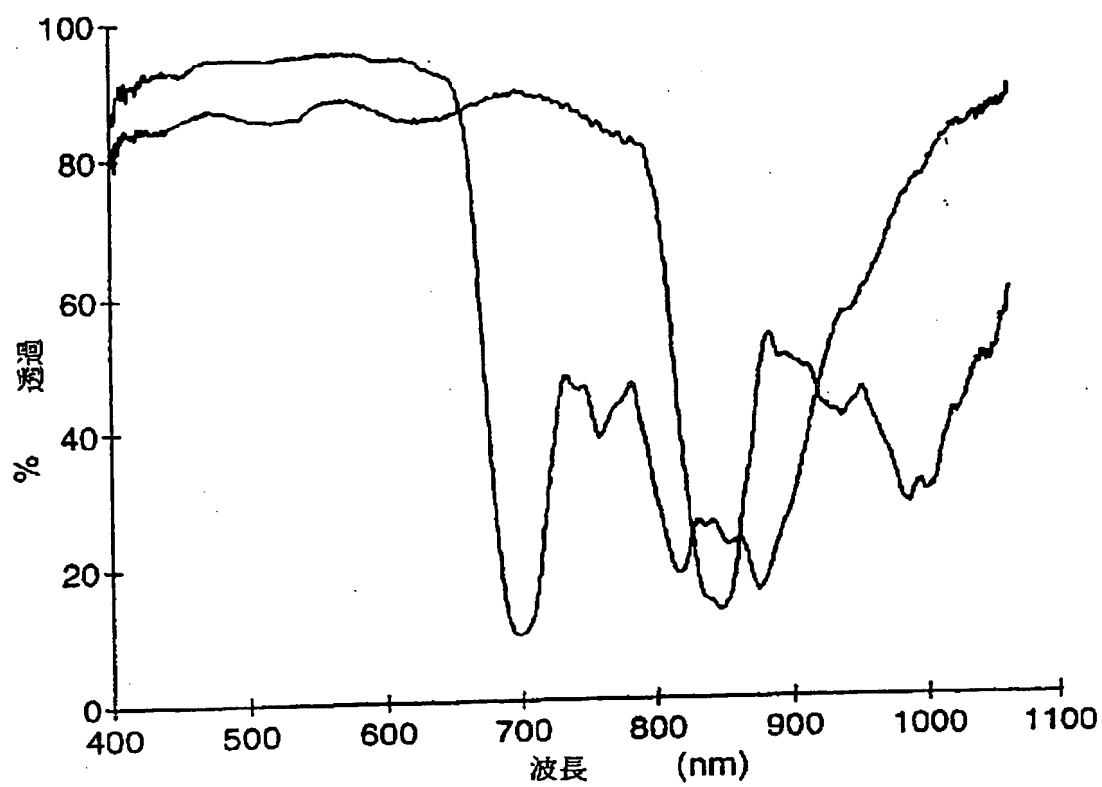


Fig. 29

(64)

【図30】

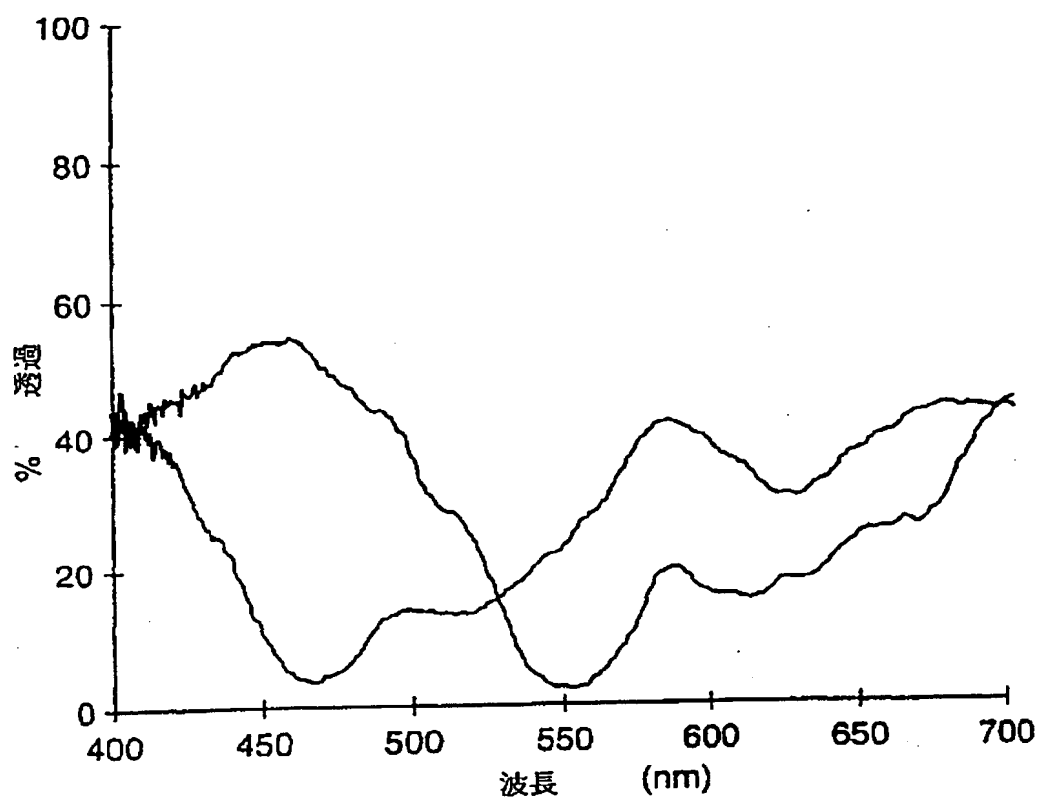


Fig. 30



(65)

【図31】

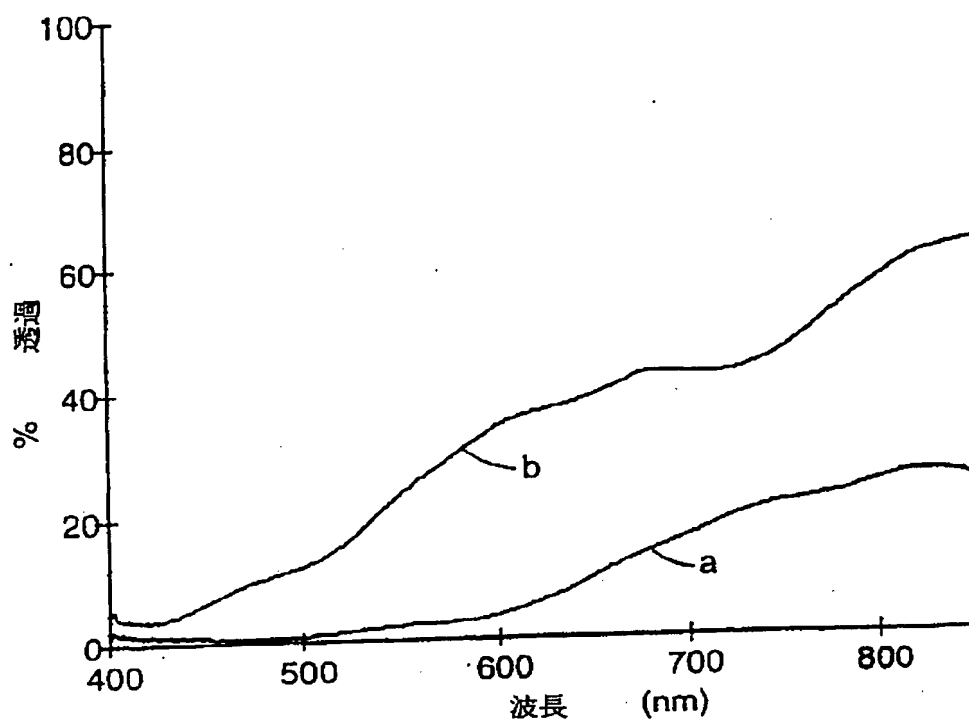


Fig. 31

(66)

【図32】

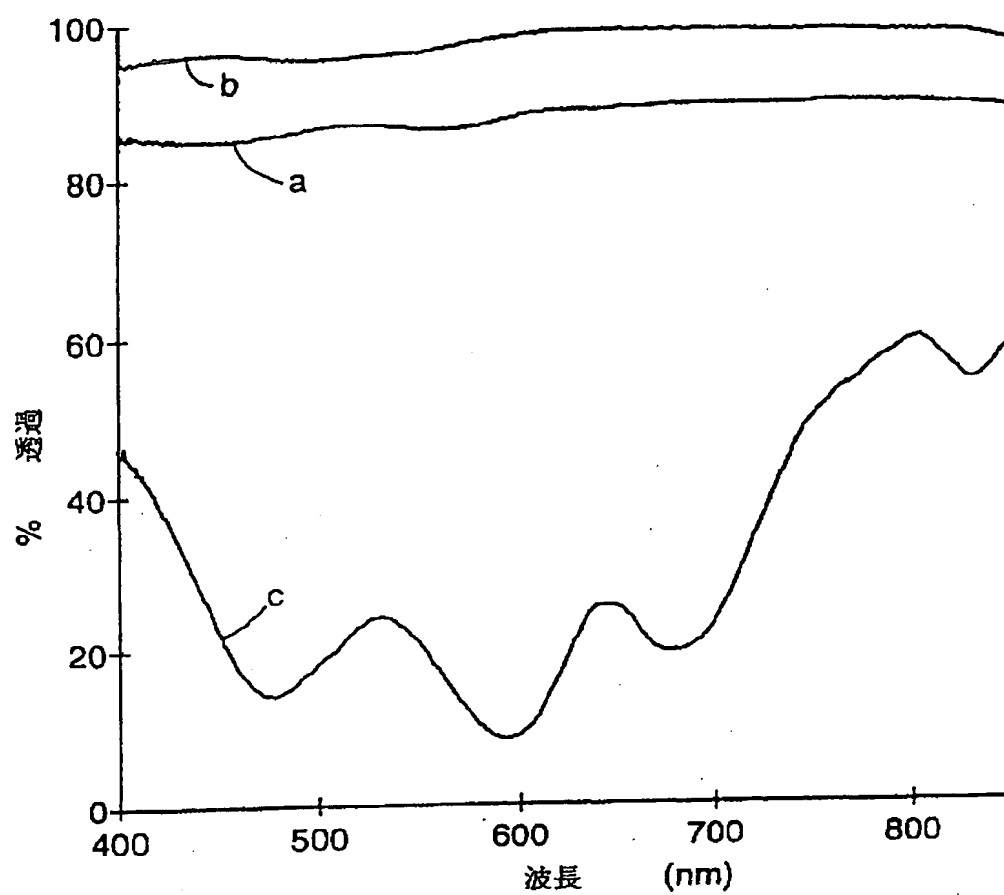
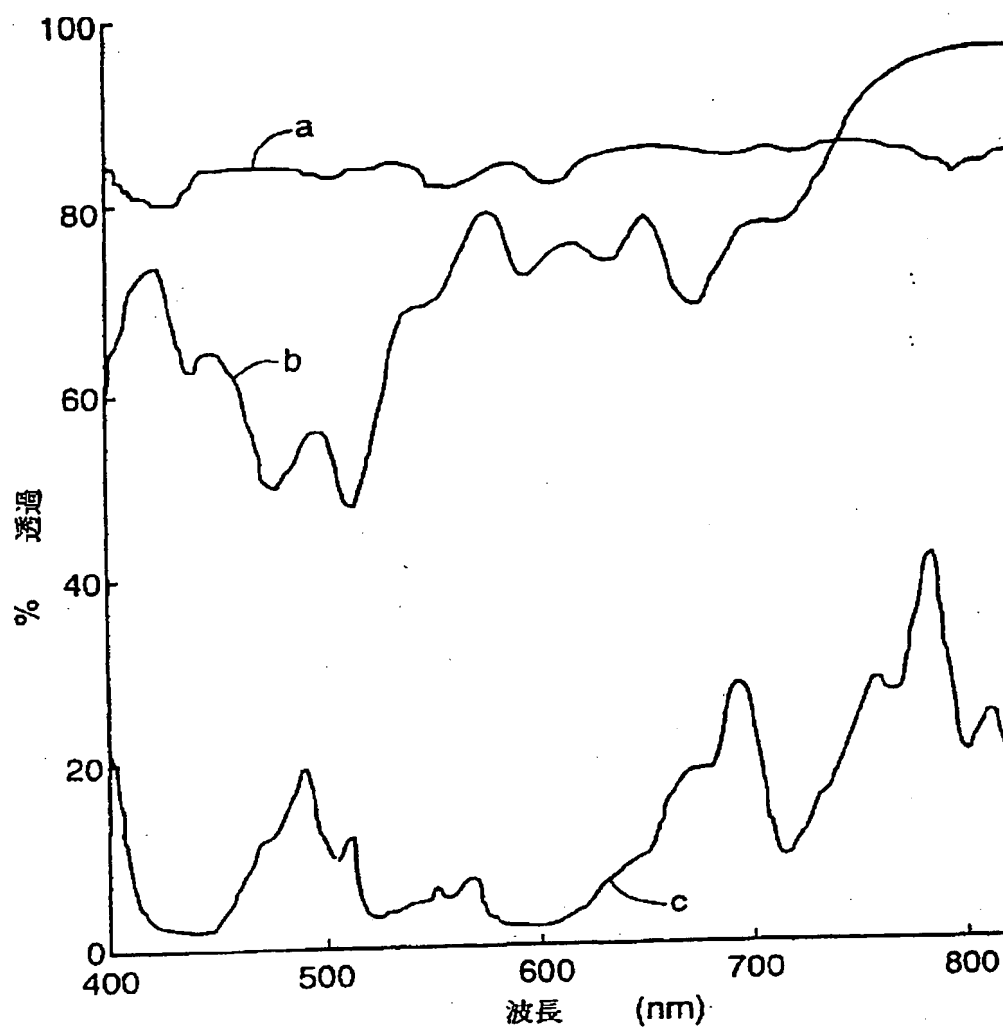


Fig. 32

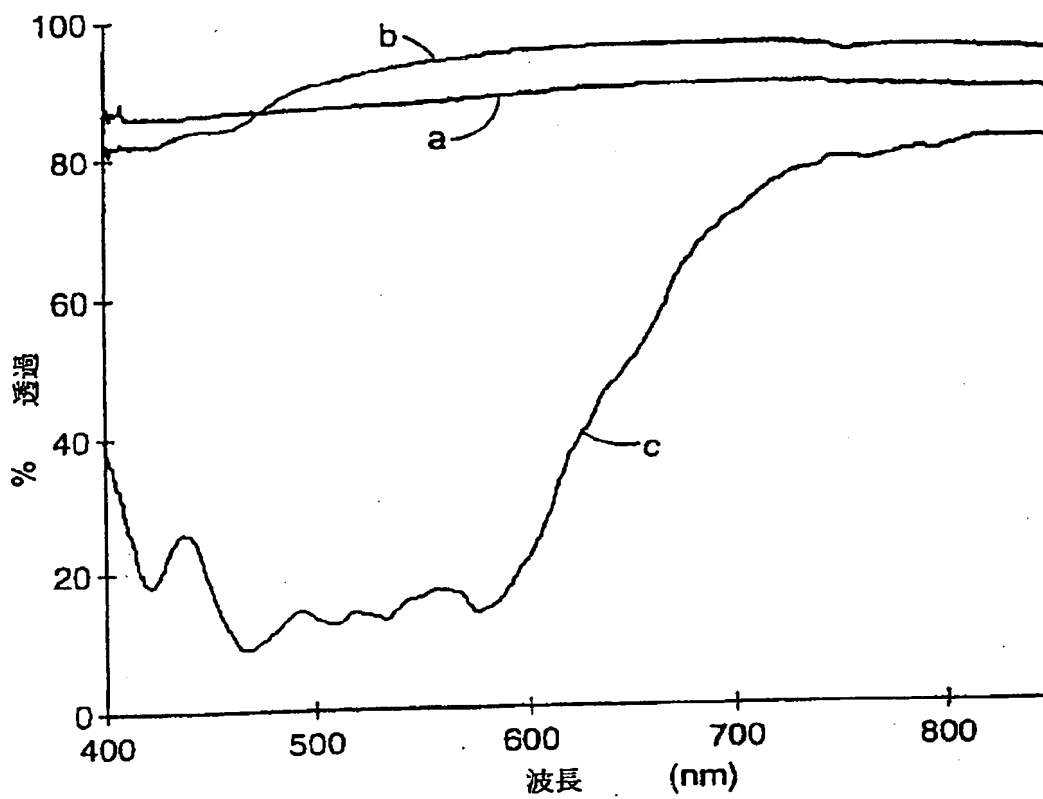
(67)

【図33】

**Fig. 33**

(68)

【図34】

**Fig. 34**

(69)

【図35】

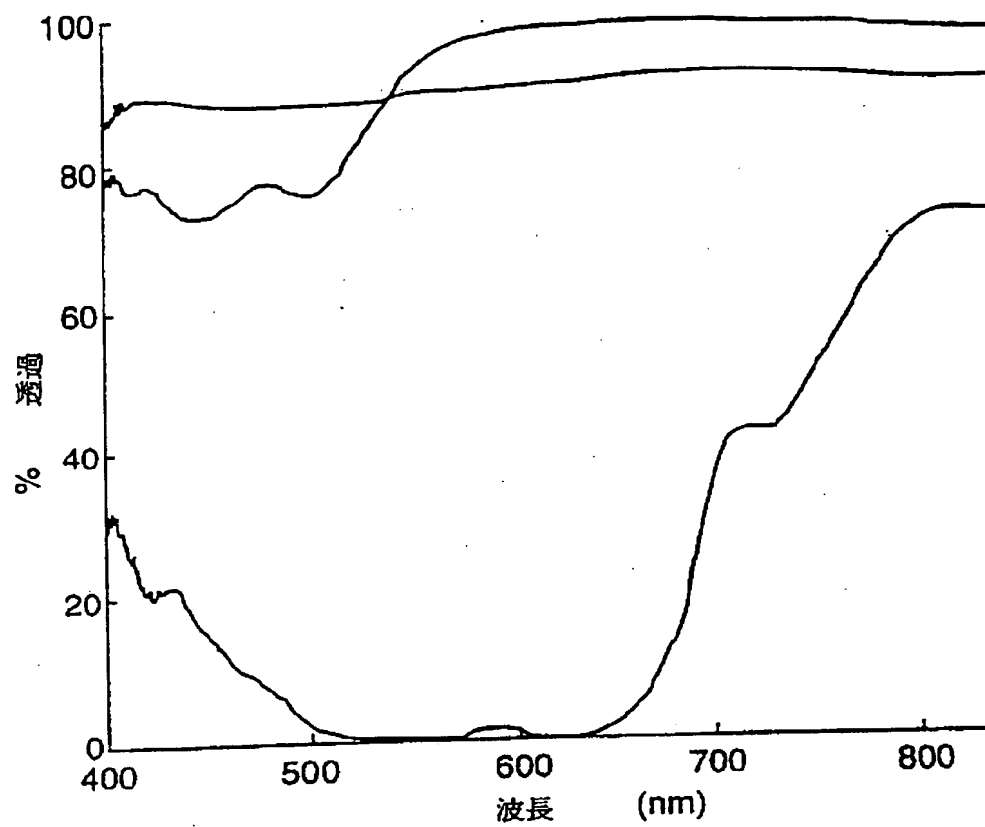


Fig. 35

(70)

【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/US 94/14814

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 G02B5/30 G02F1/1335		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
H. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 G02B G02F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP,A,0 460 241 (MITSUBISHI RAYON) 11 December 1991	1,2
Y	see the whole document	12
Y	EP,A,0 573 905 (MINNESOTA MINING AND MANUFACTURING) 15 December 1993	12
A	see the whole document	1,2
A	EP,A,0 492 636 (CANON) 1 July 1992	1,2,12
	see the whole document	
A	EP,A,0 488 544 (DOW CHEMICAL) 3 June 1992	1,5-11
	see the whole document	
A	US,A,3 610 729 (ROGERS) 5 October 1971	1,5,6,11
	see the whole document	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance E* earlier document but published on or after the international filing date I* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art &* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 April 1995		Date of mailing of the international search report 26.04.95
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 LV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 631 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Ward, S

(71)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 94/14814

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0460241	11-12-91	JP-A- 4037817	07-02-92
		JP-A- 4058215	25-02-92
		JP-A- 4139416	13-05-92
		JP-A- 3196015	27-08-91
		JP-A- 3197920	29-08-91
		EP-A- 0422661	17-04-91
		WO-A- 9110153	11-07-91
		US-A- 5359455	25-10-94
		US-A- 5124841	23-06-92
EP-A-0573905	15-12-93	JP-A- 6051399	25-02-94
EP-A-0492636	01-07-92	CA-A- 2058514	28-06-92
		JP-A- 5066368	19-03-93
		US-A- 5387953	07-02-95
		JP-A- 5066367	19-03-93
EP-A-0488544	03-06-92	CA-A- 2056153	27-05-92
US-A-3610729	05-10-71	NONE	

(72)

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(KE, MW, SD, SZ), AM, AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, ES, FI, GB, GE, HU, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LT, LU, LV, MD, MG, MN, MW, NL, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SI, SK, TJ, TT, UA, UZ, VN

(72)発明者 ウェバー、マイケル・エフ

アメリカ合衆国55133-3427ミネソタ州  
セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427 (番地の表示なし)

(72)発明者 ジョンザ、ジェイムス・エム

アメリカ合衆国55133-3427ミネソタ州  
セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427 (番地の表示なし)

(72)発明者 ストヴァー、カール・エイ

アメリカ合衆国55133-3427ミネソタ州  
セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427 (番地の表示なし)

(72)発明者 コブ、サンフォード・ジュニア

アメリカ合衆国55133-3427ミネソタ州  
セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427 (番地の表示なし)

(72)発明者 ウォートマン、デヴィット・エル

アメリカ合衆国55133-3427ミネソタ州  
セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427 (番地の表示なし)

(72)発明者 ベンソン、オレスター・ジュニア

アメリカ合衆国55133-3427ミネソタ州  
セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427 (番地の表示なし)



【公報種別】特許法第17条第1項及び特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成13年9月18日(2001.9.18)

【公表番号】特表平9-506984

【公表日】平成9年7月8日(1997.7.8)

【年通号数】

【出願番号】特願平7-517485

【国際特許分類第7版】

G02F 1/1335 510

【FI】

G02F 1/1335 510

### 手続補正書

平成13年4月19日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示 平成7年特許願517485号
2. 補正をする者  
氏名又は名称 ミネソタ・マイニング・アンド・マニュファク  
チャリング・カンパニー
3. 代理人  
住所又は居所 〒104-0028 東京都中央区八重洲2丁目8番地7号  
福岡ビル9階  
阿部・井澤・片山法律事務所  
氏名 (9536) 井澤士 片山 英二  
住所又は居所 同上  
氏名 (9367) 井澤士 小林 純子  
電話 03-3273-2600
4. 補正対象発明名 液晶表示装置
5. 補正対象項目名 請求の範囲
6. 補正の内容 記載の通り
7. 補正書類の枚数 1. 提出した請求の範囲 1 通

### 請求の範囲

1. 以下を含むディスプレイ:  
(a) ディスプレイモジュール;  
(b) エッジ照射式のバックライト;  
(c) 前記バックライトと前記ディスプレイモジュールとの間に配置された幾何学的構造面を有する材料; 及び  
(d) 前記バックライトと前記ディスプレイモジュールの間に配置された反射偏光子であって、その反射偏光子が、第一の偏光状態の光がリサイクルするためにバックライトの方向へ反射され、第二の偏光状態の光が反射偏光子を透過するように配置された複屈折性材料を有する反射偏光子。
2. 幾何学的な構造面を有する材料が、バックライトと反射偏光子との間に配置された請求項1に記載されたディスプレイ。
3. ディスプレイモジュールの反射偏光子側に配置された吸収偏光子をさらに含む請求項1又は請求項2に記載されたディスプレイ。
4. 幾何学的な構造面を有する材料が、その幾何学的構造面を有する材料の表面に配置された複数のプリズムを含む請求項1〜3のいずれかに記載されたディスプレイ。
5. 複数のプリズムがディスプレイモジュールに対面している請求項4に記載されたディスプレイ。
6. 反射偏光子が、ローカラーで、広角度の偏光子を含む請求項1〜3のいずれかに記載されたディスプレイ。

)

)

【公報種別】特許法第17条第1項及び特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成14年6月18日(2002.6.18)

【公表番号】特表平9-506985

【公表日】平成9年7月8日(1997.7.8)

【年通号数】

【出願番号】特願平7-517609

【国際特許分類第7版】

G02B 5/30

G02F 1/1335 515

【FI】

G02B 5/30

G02F 1/1335 515

手続補正書

平成18年12月20日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示 平成7年特許願第517609号
2. 補正をする者  
名称 ミネソタ・マイニング・アンド・マニファクチュ  
アリング・カンパニー
3. 代理人  
住 所 東京都中央区八重洲2丁目8番地7号  
福岡ビル9階  
阿部・井橋・片山法律事務所  
電話番号 03-3273-2600  
氏 名 (9367) 弁護士 小林 純子
4. 補正対象書類名 請求の範囲
5. 補正対象項目名 請求の範囲
6. 補正の内容 別紙の通り



(別紙)

請求の範囲

1. 光学表示装置であって、  
液晶モジュール、  
光源、  
液晶モジュールと前記光源との間に配置された吸収偏光子、及び、  
前記光源と吸収偏光子との間に配置された広角反射偏光子であって、そ  
の広角反射偏光子は第一の偏光状態の光を透過し、法線及び法線から大  
きく傾いた角度で入射する第一の偏光状態を有さない光を反射し、前記  
表示装置の明るさを向上させるためにその反射光が前記光源によって再  
循環される広角反射偏光子  
を含む、光学表示装置。
2. 表示装置であって、  
光源、  
情報を表示するために変更され得る光学状態を有する表示モジュール、  
及び、  
前記光源と前記表示モジュールとの間に配置された反射偏光子であって、  
少なくとも1つの複屈折材料、及び、少なくとも1つの第二の材料を有  
し、その第二の材料は前記複屈折材料に関して選ばれる屈折率を有し、  
第一の偏光状態の光が実質的に前記反射偏光子によって実質的に反射され、一方第二  
の偏光状態の光が実質的に前記反射偏光子を透過するように、前記複屈  
折材料と前記第二の材料との間に複数のインターフェースを有するよう  
にされた反射偏光子、  
を含む、表示装置。
3. 表示装置であって、  
光源、  
前記光源と隣接するエッジを有し、前記光源からの光が、ライトガイド  
の端に入り、前記ライトガイドの出口表面を通過して前記ライトガイドを  
出るライトガイド、  
表示モジュール、及び、  
ライトガイドと表示モジュールとの間に配置され、法線及び法線から大  
きく傾いた角度で入射する第一の偏光状態の光を高度に透過し、前記第

(2)

1

2

一の偏光状態を有さない法線及び法線から大きく傾いた角度で入射する光を高度に反射する広角反射偏光子を含む、表示装置。

4. 前記反射偏光子が複屈折材料を含む、請求項1～3のいずれか1つに記載の表示装置

5. 前記反射偏光子が、複屈折材料と別の材料からなる多層堆積体を含む、請求項1～4のいずれか1つに記載の表示装置。